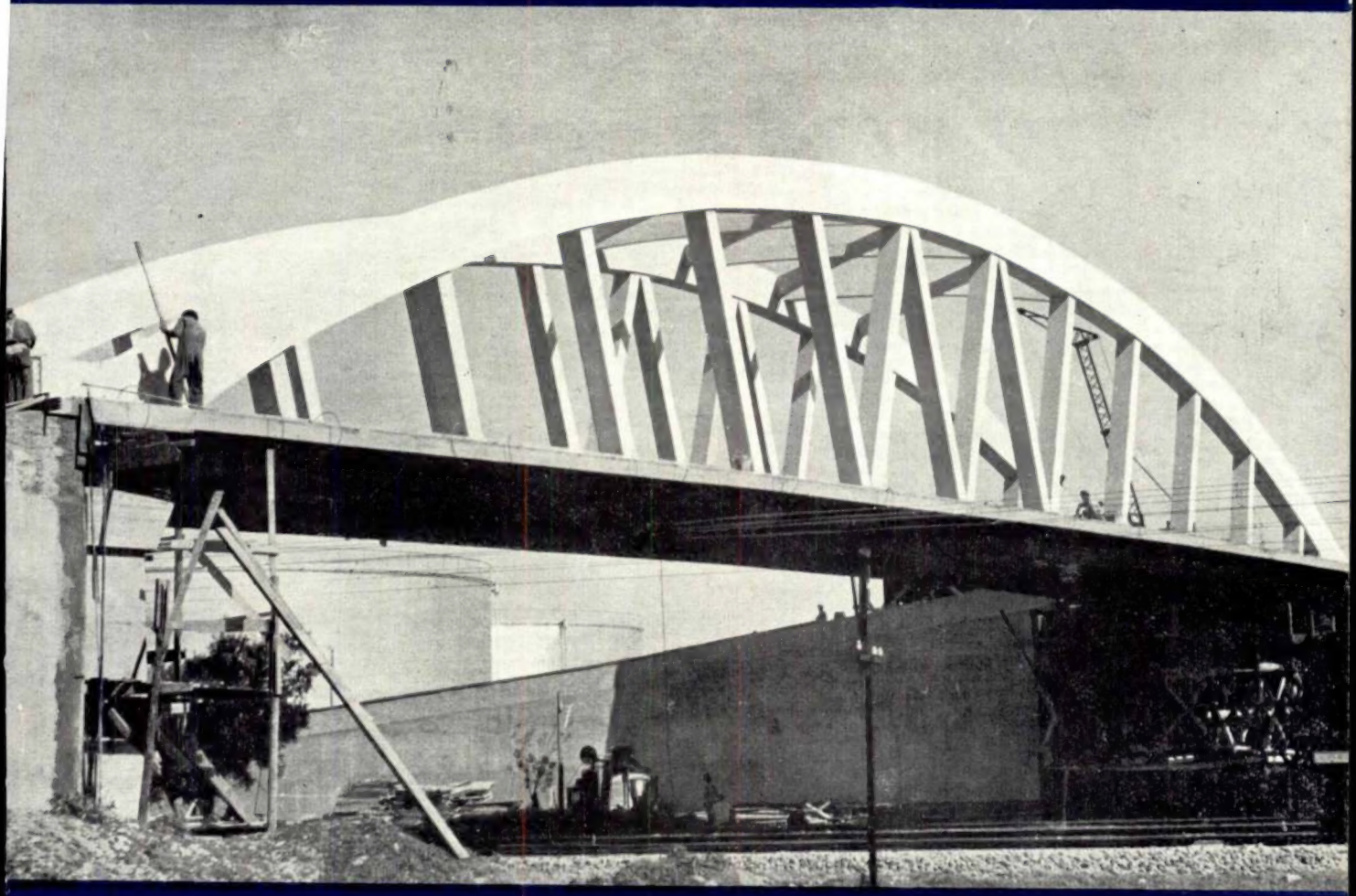
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 270 - MARÇO - 1957

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42
TELEF. 47812-50129
LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 270 Março de 1957

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

ADMINISTRADOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

SECRETÁRIO

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

REDACTORES

JORGE AZEVEDO CIPRIANO

JOÃO MARTINS DE CARVALHO

MANUEL VAN'HOFF RIBEIRO

ORLANDO D'ALMEIDA PEREIRA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Passagem superior de betão armado, com vão de 47 m, em Sacavém, para a SACOR.

Vigas principais do tipo arco com tirante semi-rígido, triangulado na região central. Tabuleiro inferior pré-esforçado longitudinalmente. Execução de CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA., segundo projecto do Eng.º Edgar Cardoso.

Págs.

A inércia do progresso

Pelo Eng.º Luís A. de Almeida Alves 345

O método absorciométrico na identificação e estudo de betumes asfálticos

Pela Eng.º Antera Valeriana de Seabra 349

Cálculo da estrutura do casco resistente de um submersível

Pelo Eng.º António Afonso de Sousa Ribeiro Cazaes . . . 369

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 380

O método das articulações plásticas

Pelo Eng.º Alfredo de Pinho Morgado 381

Notas sobre a Determinação dos caudais fluviais urbanos

Pelo Eng.º Armando Lencastre 387

Combate ao «Hylotrupes Bajulus» (L.) em bairros urbanos

Por Alberto Coutinho Saraiva 389

Do Mundo Técnico 400

Biblioteca 402

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Comercial, Ltd.ª XL
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XII
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXXIV
António Baró XLIII
António Pacheco Agostinho XXV
Azevedo & Pessi, Ltd.ª X

B

Blackwood Hodge IV
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XL

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXII
Cekop Empr. de Comércio Externo XV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XX
Companhia União Fabril. XVII
Construções Técnicas, Ltd.ª XI
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XXXVI

E

Edouard Dalphin XLIV
Edmond Dardel II
Elektrim — Sociedade Polaca XXIV
Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXXII
Empresa Electro Cerâmica VI
Empresa de Produtos Asfálticos. . . XLIII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Eng.º Augusto Cavaco XL
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXVIII

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXV
Fábrica Portugal XXXVII

G

Guedes & Santos Silva, Ltd. XLI

H

Heliaço, Lda. XXXII
Henriques & Castro, Ltd.ª XI
Henry M. F. Hatherly, Lda. XLII
H. Vaultier & C.ª XXVIII

I

Pág.

INEL XIX
IST XLIX

J

Jayme da Costa, Lda. XXXI
J. B. Fernandes & C.ª, Lda. XXV

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XIII

M

Mabor XLI
Manil XXXIX
Máquinas de Precisão, Ltd.ª X
Metalexport XVIII
Minex — Empresa Polaca XXIX
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . XLV e XLVIII

N

NIKEX XXVII

P

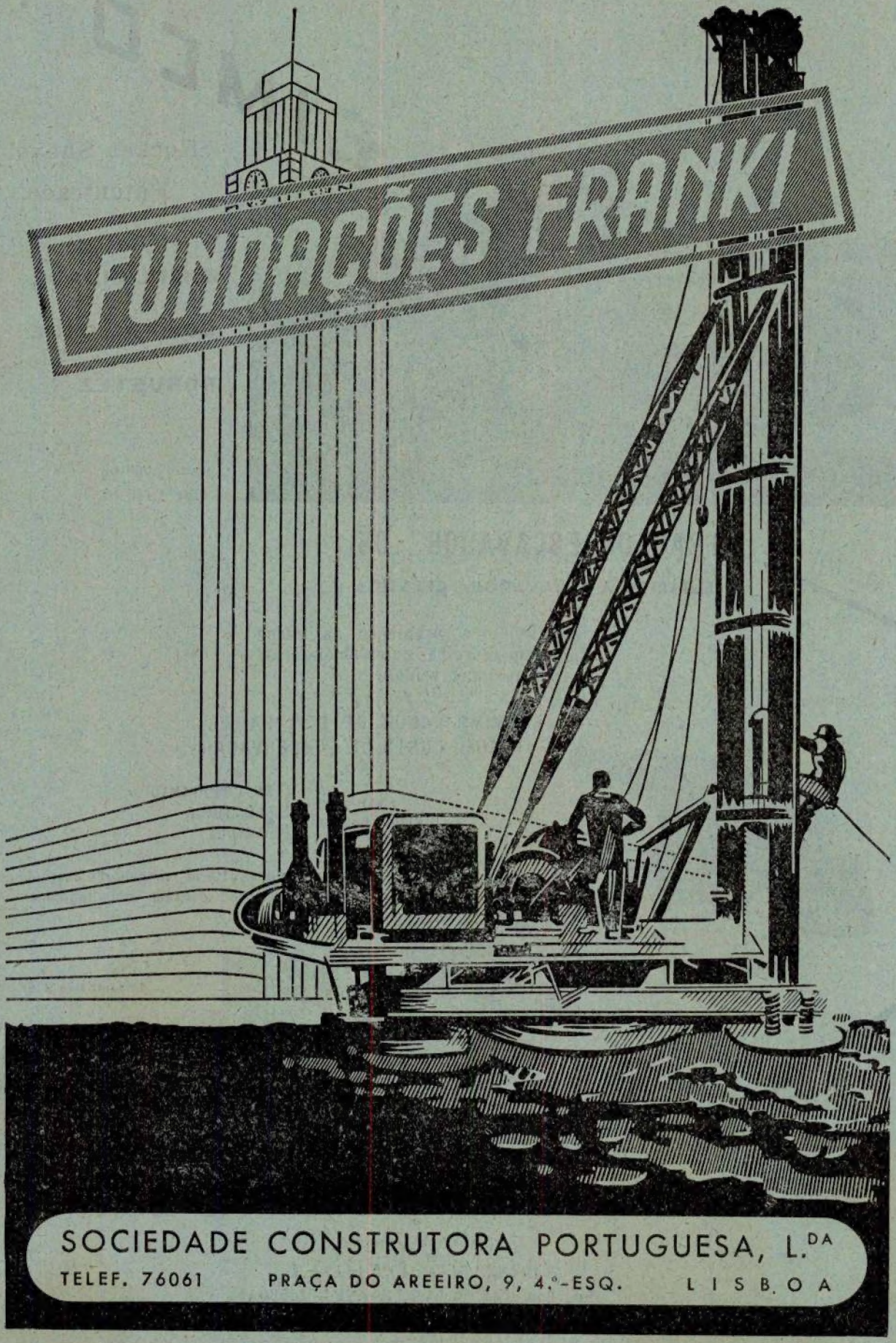
Papelaria Fernandes XXVI
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

Saint-Gobain XXX
Schroeter e Almeida XL
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XXI
SKF XXVIII
SMEIA . . . . . IX e XLVII
Sociedade Avanço, Lda. XXV
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XLI
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XVI
Sociedade Industrial Metalúrgica . XLIX
Sociedade Portuguesa Cavan . . . . 2.ª da capa
Socony-Vacuum Portuguesa XIV
Socotel . . . . . V e XXXIII
SONAP XXIII
Sondagens Ródio, Ltd.ª XLI
SOPECATE XLIII
Standard Eléctrica VII

V

Varimex — Sociedade Polaca XLVI
V. T. Martins XXXIX


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

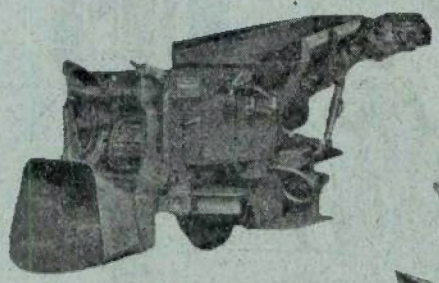
ATÉ AO

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

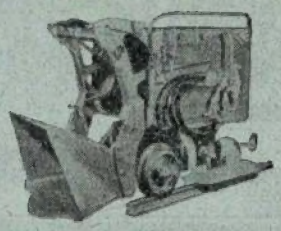
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

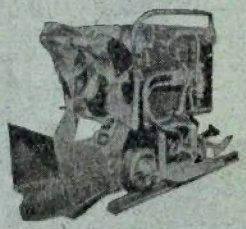
ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



Modelo 40

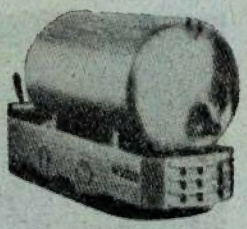


Modelo 21



Modelo 12-B

Locomotiva a ar



TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

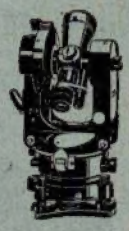
•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289

T. 12
Teodolito portátil

T. O
Teodolito-bússola

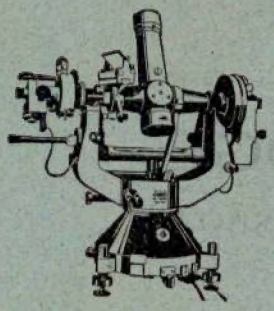


T. 16
Teodolito de leitura directa

T. 1
Teodolito repetidor c/ micrómetro

T. 2
Teodolito universal

T. 3
Teodolito de grande precisão



T. 4
Teodolito astronómico

TEODOLITOS

WILD
HEERBRUGG

MÁXIMA PRECISÃO

DENTRO DE CADA CATEGORIA, ASSEGURADA PELAS SEGUINTES CARACTERÍSTICAS:

Robustez inexcedível, obtida pelo emprego dos materiais apropriados.
Óptica moderna, anti-reflectora, da mais alta luminosidade e poder separador.
Manejo simples, fácil e cómodo, desde a embalagem às rectificações.

PREFERIDOS POR:

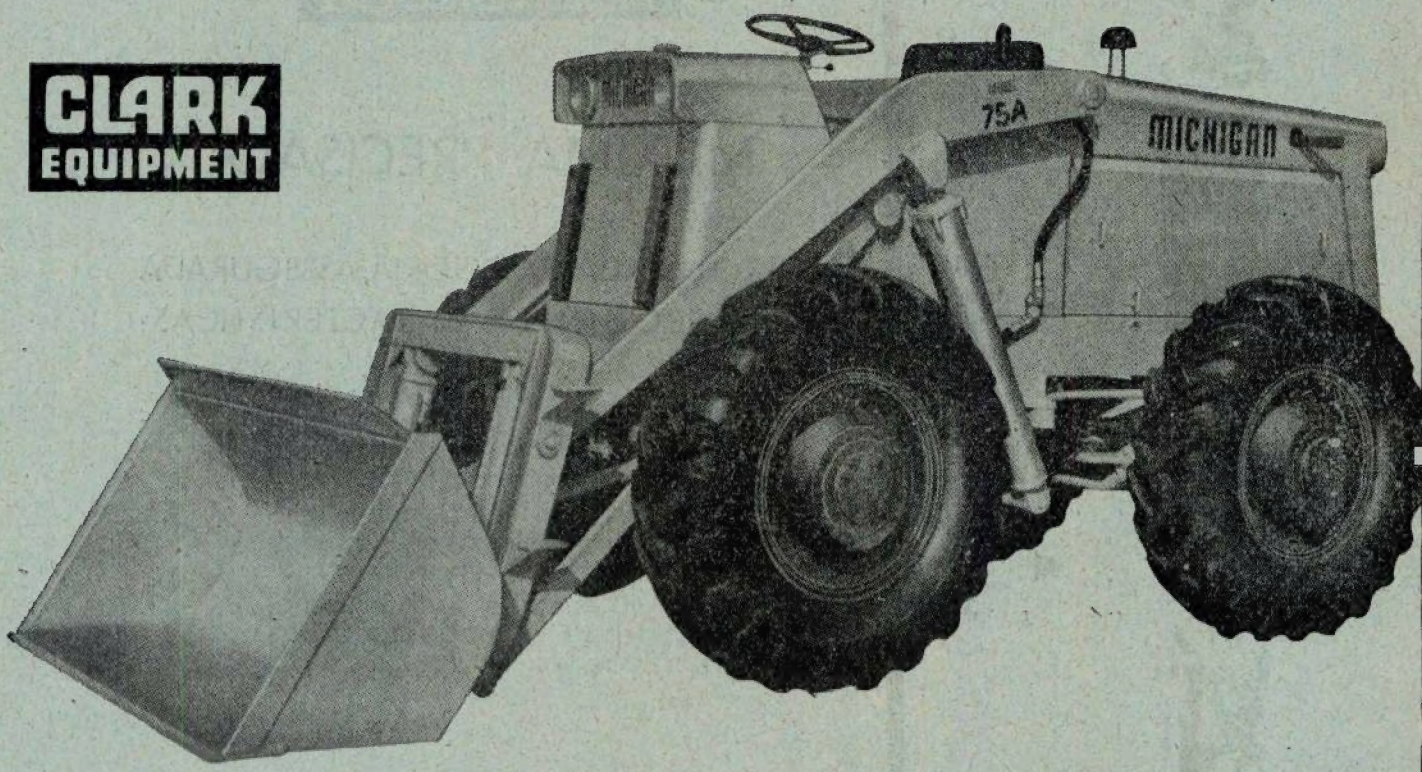
Inst. Geográfico e Cadastral
Serv. Geográficos do Ultramar
Câmaras Municipais
Missões Geográficas
Missões Hidrográficas
Missões Hidráulicas
Empresas Hidro-Eléctricas
Empreiteiros e Construtores

•

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75 — LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

tracto-carregado

CLARK
MICHIGAN
U. S. A.



Mais «EXTRAS» são «STANDARD» no MICHIGAN do que em qualquer outro tracto-carregador.

- DOIS FARÓIS DIANTEIROS PLENOS DE LUZ
- MUDANÇAS DE TRANSMISSÃO SEMI-AUTOMÁTICAS
- CONVERSOR DE BINÁRIO — NÃO TEM EMBRAIAGEM
- MOVIMENTO DE BALDE INDEPENDENTE DA LANÇA
- CONTA HORAS DO MOTOR
- FILTROS DE ÓLEO PARA O MOTOR E CONVERSOR
- DOIS FARÓIS TRASEIROS
- DIRECÇÃO COM AJUDA HIDRÁULICA
- DESMULTIPLICAÇÃO NOS CUBOS DAS RODAS
- INDICADOR DA POSIÇÃO DO BALDE

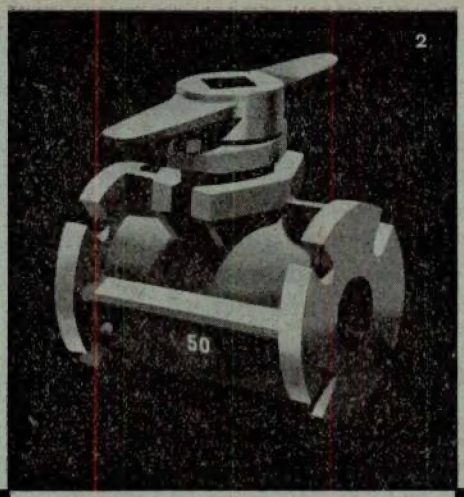
Motor Diesel 80 CV. — Duas velocidades de trabalho e duas de marcha, quer para a frente quer para trás — direcção às rodas traseiras — todas as rodas motoras — pneus 14 : 00 × 24 tipo terraplanagem — balde de 1 jarda cúbica, etc., etc.
Tudo isto torna o Michigan no campião de todos os tracto-carregadores de rodas ou de lagartas.

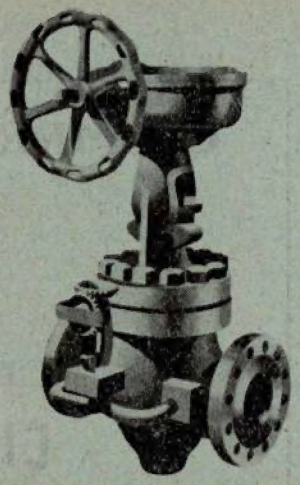
DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS :

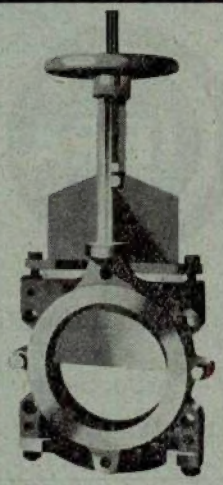
BLACKWOOD HODGE

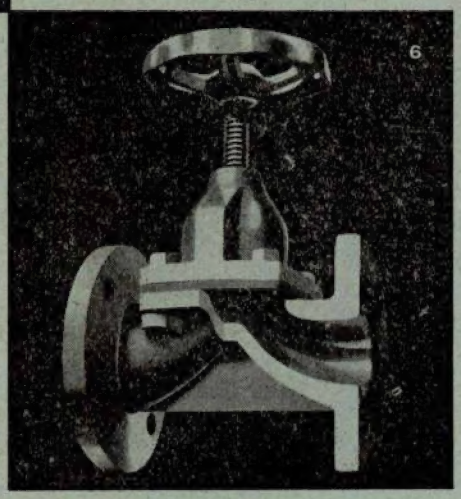
AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

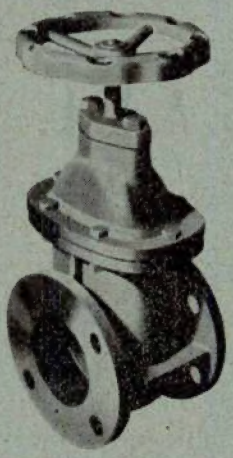
Telef. 72 59 48 - 72 59 84











Válvulas indústriais para todos os fluídos, pressões e temperaturas

Fazem parte do nosso programa de fabrico:

1
Válvula de cunha PN 16, 25 e 40 atm., para água sobreaquecida, vapor e líquidos que ofereçam dificuldades de estanqueidade, para temperaturas de serviço superiores a 120 °C, em ferro fundido ou aço vazado. Estanqueidade permanente.

2
Torneira em Silacid, resistente a quási todos os ácidos empregados na indústria química.

3
Válvula de corrediça de alta pressão, para todas as pressões e temperaturas que intervenham na indústria, em aço vazado normal ou aço vazado resistindo à fluência.

4
Válvula de passagem livre para ácidos PN 10 atm. em ferro fundido ou aço vazado inoxidável resistente aos ácidos.

5
Válvula para substâncias pastosas, com aplicação na indústria da celulose e do papel assim como na indústria química.

6
Válvula de membrana em borracha para todos os líquidos, em especial para os alcalis, ácidos e água. Temperaturas até 100 °C. Não tem empanque.

7
Válvula de cunha sem empanque PN 6, 10 e 16 atm. para água fria, água quente, vapor, ar comprimido, vazio e óleo, para temperaturas de serviço até 120 °C.

De Roll

Société des
Usines de Louis de Roll S.A.
Fábricas de Klus, Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto — Telef. 27013

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

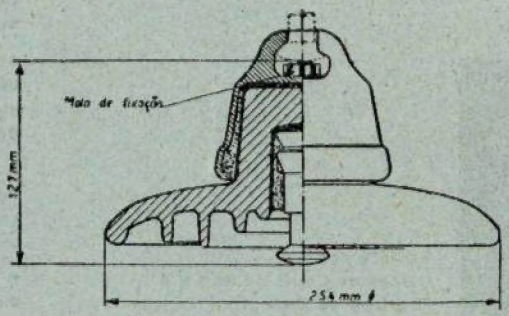
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

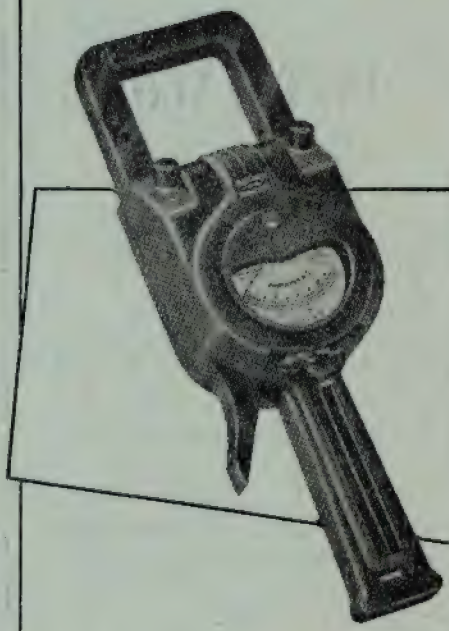
●

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — LISBOA

TEL. 63 81 71/6

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17 — LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168 — PORTO

EMPILHADORES DE GARFO

HYSTER

PARA CARGAS DE **450** A **9000** Kg.

Peça informações e uma demonstração ao agente exclusivo

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

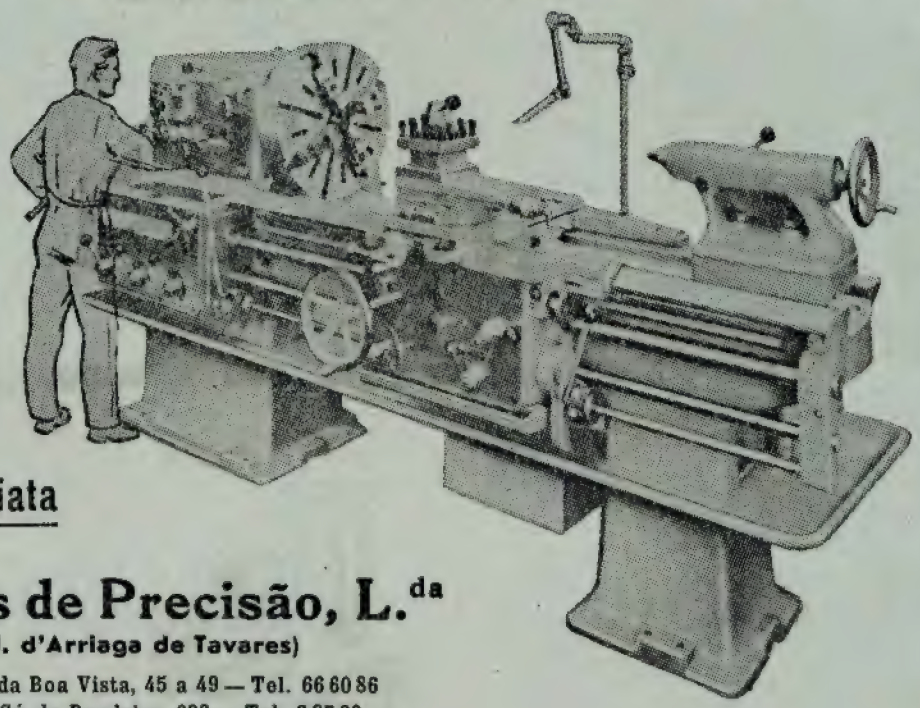
S. A. R. L.

Avenida P. Manuel da Nóbrega, 8 B ✦ Telef. 72 40 53-4-5 ✦ LISBOA

AGENTES EM: ALCACER DO SAL — BEJA — CASTELO BRANCO
COVILHÃ — ELVAS — FARO — LEIRIA
PORTALEGRE E SANTARÉM.

MÁQUINAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Tornos Paralelos
Limadores
Engenhos Radiais
Máquinas de Rectificar
Tornos Revólver
Frezas
Escateladores
Plainas
Mandriladoras

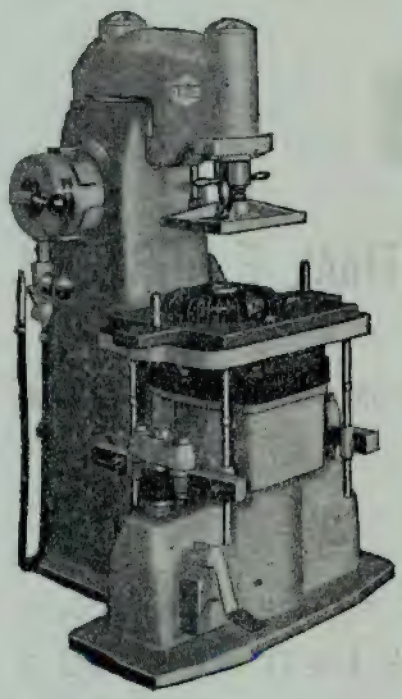


Entrega imediata

Máquinas de Precisão, L.da

(Eng.º J. d'Arriaga de Tavares)

LISBOA: Rua da Boa Vista, 45 a 49 — Tel. 66 60 86
PORTO: Rua Sá da Bandeira, 629 — Tel. 2 87 20
LUANDA: R. Pereira Forjaz, 79 — Caixa Postal 304



BADISCHE MASCHINENFABRIK A. G.

KARLSRUHE - DURLACH — ALEMANHA

INSTALAÇÕES COMPLETAS
PARA FUNDIÇÕES

ESTUDO DE PROJECTOS

REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

Rua Nova do Almada, 46 — LISBOA

Telef. 20354 - 24495 - 29879

PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

À BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PISCINA EM CARCAVELOS

PINTURAS

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057 - 775058

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

Torre do Edifício da Alfândega de Luanda
Execução com moldes deslizantes «Prometo».
Altura total de deslize: 30 metros.
Duração do desliz : 5 dias e 50 horas.

SAVOISIENNE

Ateliers de Construction de Transformateurs de la Compagnie Générale d'Electricité, de Paris

TRANSFORMADORES ENTREGUES E EM SERVIÇO

Companhia Nacional de Electricidade

— 3 de 60.000 KVA — 150/30/10 KV.
— 2 de 50.000 KVA — 150/60/10 KV.

União Eléctrica Portuguesa — Porto

— 3 de 10.000 KVA — 60/60 KV.
— 1 de 10.000 KVA — 60/30/15 KV.

Companhia Eléctrica das Beiras

— 3 de 12.000 KVA — 60/40/6

União Eléctrica Portuguesa — Lisboa

— 1 de 9.000 KVA — 60/30/6 KV.

Sde. Hidroeléctrica do Revuè — Beira

— 2 de 12.500 KVA — 110/22/6 KV.
— 1 de 9.500 KVA — 110/66 KV.

além de muitos outros de menores potências.

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Cortes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações electricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

SR. INDUSTRIAL

HÁ MUITA COISA PARA SI NESTE TAMBOR!

HÁ NELE 90 ANOS DE EXPERIÊNCIA

que o ajudarão a aumentar a produção e a baixar o custo

A Mobil Oil oferece um completo serviço de análises, efectuadas em laboratórios privativos, devidamente equipados, com o fim de proporcionar a todos os clientes uma lubrificação eficiente e económica das suas máquinas.
Os produtos Mobil são o resultado de profundos estudos feitos por um corpo especial de engenheiros trabalhando em íntima colaboração com os construtores de máquinas, de contínuas pesquisas laboratoriais, de uma técnica apurada e, acima de tudo, *representam 90 anos de experiência ao serviço da indústria!*

EXIJA LUBRIFICANTES MOBIL, O PRIMEIRO PASSO PARA UMA PRODUÇÃO ECONÓMICA

Mobil

2808

MOBIL OIL PORTUGUESA

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
ADMINISTRADOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
SECRETÁRIO: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

Ano XXXII - N.º 270 Março de 1957

C. D. U. 65.01

A INÉRCIA DO PROGRESSO

PELO ENG.º QUÍM.-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Prof. do I. S. T.

A complexidade funcional da Indústria dos nossos dias, aliada ao rápido progresso da aparelhagem de contrôle, criou a necessidade de estabelecer «rotinas» rígidas, destinadas a permitir um domínio rápido dos processos, quando se desregula ou modifica qualquer das variáveis que neles intervêm. A condução de uma fábrica toma assim o aspecto de um «jogo de xadrez» em que é necessário conhecer as «jogadas» mais convenientes quando varia a posição de cada uma das «pedras» que condicionam o processo.

É claro que, como em todos os jogos, apesar do maior cuidado em fazer sempre as «jogadas mais convenientes», um dos adversários acaba normalmente por perder, porque o andamento de uma determinada sucessão de jogadas pode impedir que se efectue a jogada mais conveniente a partir de certa altura. E este facto é uma consequência directa do melhor conhecimento do jogo por parte do outro jogador.

É por isso que no contrôle industrial, para além das resoluções imediatas, baseadas nas indicações dos aparelhos de medida, se impõe o conhecimento profundo dos processos, como garantia da estabilidade de funcionamento nas consequências a longo prazo. Aliás, as causas de perturbação nem sempre são de carácter intrínseco, podendo muitas vezes filiar-se em fenómenos exteriores, que modifiquem de qualquer modo, a «performance» standard das células elementares da aparelhagem. A química-física dos processos não se confina portanto, apenas às variáveis operacionais, mas tem de se estender também ao funcionamento da própria aparelhagem, quando variam os parâmetros fundamentais que a definem.

Deste modo, a «Técnica de condução de uma fábrica» significa mais pròpriamente «Ciência de condução de uma fábrica», por ser na base dos princípios científicos exactos que se dominam as variáveis que condicionam os processos no seu conjunto.

Esta ciência que tem as suas raízes na Mecânica Química e na Tecnologia Química, integra-se directamente na preparação escolar de base e constitui portanto, num aspecto exclusivamente lógico, o primeiro passo do aperfeiçoamento profissional dentro dos quadros da Indústria.

De um ponto de vista pessoal, este tipo de complemento da preparação escolar apresenta-se como particularmente atractivo por duas razões fundamentais:

1) Permite a utilização de conhecimentos adquiridos, em problemas de aplicação prática «visível».
2) Não implica uma actuação original, a não ser numa forma relativamente simples de adaptação.

No entanto, a existência destas condições potencialmente favoráveis não exclui totalmente a possibilidade de insucesso, nos modos correntes de concretização.

* * *

O carácter científico da condução de uma fábrica reflecte-se de uma maneira vantajosa sobre a preparação post-escolar pelas seguintes razões principais:

1) Atenua a descontinuidade existente na passagem da vida escolar para a vida profissional.

2) Cria o sentimento de utilidade efectiva, a partir dos primeiros tempos de exercício da profissão.

3) Fomenta o espírito de precisão na resolução dos problemas da prática.

4) Liberta os raciocínios, das soluções particulares que se impuzeram como resultado da experiência adquirida.

As duas últimas razões têm uma importância excepcional por estarem na base dos dois conceitos fundamentais das actividades modernas e que são o *profissionalismo* e a *impulsão do progresso*; mas de uma maneira indirecta, as duas primeiras apresentam-se com uma importância quase equivalente pelas repercussões que podem ter na formação individual.

Com efeito, a preparação escolar por mais perfeita que seja, tem sempre um certo cunho de fragilidade que pode comprometê-la de maneira sensível, se a vida profissional durante os primeiros anos, não facultar as condições indispensáveis à sua consolidação. E em consequência, uma orientação inadequada durante esse período, pode ter um efeito desfavorável na aquisição de uma formação integral de profissionalismo e de uma mentalidade inteiramente polarizada no sentido do progresso.

O problema torna-se bastante delicado, porque esse efeito não é detectável a curto prazo, dadas as condições particulares em que se inicia a vida industrial. Na realidade, um engenheiro recem-formado entra normalmente, ao serviço de uma indústria cujas rotinas já estão estabelecidas e na qual portanto, a sua função primordial consiste em fazê-las respeitar de maneira a atingir o máximo rendimento de exploração. E neste aspecto, não pode deixar de pôr à prova as suas qualidades de chefia, de persistência e de entusiasmo que são fundamentais na função que tem a desempenhar.

Simplesmente não chega a ter uma necessidade de aplicação sistemática da sua preparação científica, a não ser através do «background» adquirido através do curso e que lhe dá um certo à-vontade em relação aos problemas específicos da sua profissão; por isso, essa preparação corre o risco de se extinguir progressivamente, ao longo dos anos em que não tiver de ser utilizada.

Insensìvelmente o seu potencial intrínseco pode estar a diminuir, embora os resultados visíveis, durante este período de «rodagem», pareçam demonstrar precisamente o inverso.

* * *

O conceito de «profissionalismo» opõe-se pela sua própria natureza às noções de «amadorismo» e de «improvisação» e por isso, a sua generalização a todos os graus da estrutura social obriga a analisar de perto as condições de funcionamento de cada articulação da hierarquia técnica, de maneira a ser possível excluí-las, ou pelo menos, atenuá-las.

Enquanto o problema se circunscreve ao domínio das articulações simples, a fronteira entre o profissionalismo e o amadorismo é fácil de definir porque o profissionalismo pressupõe o tratamento dos problemas concretos na base dos fundamentos científicos em que se alicerçam. Quando todavia, se caminha no sentido ascendente das articulações complexas, essa fronteira começa a ser cada vez menos precisa, porque as funções de técnica executiva vão sendo gradualmente substituídas por um aspecto de coordenação em conjunto, no qual se perde aparentemente, o significado do profissionalismo.

Já se tentou num outro artigo ([1]) esquematizar os dados do problema, apresentando-os sob a seguinte forma:

«A preparação teórica para uma articulação complexa da estrutura científica ou técnica tem de ser orientada na base do aproveitamento e coordenação das articulações elementares que para ela concorrem.

([1]) »A Indústria e a Preparação Profissional», *Técnica* n.º 219, Fevereiro de 1952, pág. 263.

«A preparação não se traduz portanto, em adquirir um conhecimento resumido dos diferentes assuntos sobre os quais tem de incidir, mas em procurar construir sobre eles uma unidade esquemática, através do qual o panorama teórico do conjunto possa ser estudado com maior generalidade e projecção.

«Mas por outro lado, este resultado só pode ser atingido completamente se for alicerçado na experiência colhida ao longo das sucessivas posições hierárquicas ocupadas, de modo a não perder em nenhum instante, o contacto com a realidade física dos problemas estudados. Simplesmente esse contacto vai sendo cada vez menos directo e no limite não poderá ser atingido a não ser por um mecanismo de pura radiação.»

É fora de dúvida que o profissionalismo no aspecto de técnica executiva tem necessàriamente de diminuir, mas vai sendo substituído progressivamente por um profissionalismo de outro tipo concretizado por uma repartição eficiente entre as funções de estudo e de coordenação.

No escalonamento do problema, o ponto de partida situa-se ao nível administrativo no qual se definem os factores económicos intervenientes e se conjugam as resoluções a tomar com os prazos de construção admissíveis. E desde este ponto de partida até à fase executiva ao nível das articulações simples, existe sempre um caminho definido, ao longo de uma série de articulações com o seu profissionalismo específico, na qual a eficiência dos resultados é uma consequência directa das características do binário estudo-coordenação em cada nível.

Mas a coordenação em si, envolve também um conceito de profissionalismo, como reflexo das ciências que nela têm de intervir — psicologia, organização, economia — que estão perfeitamente estruturadas e que não podem ser encaradas à margem dos seus fundamentos científicos.

É por tudo isto que os hábitos de estudo e de análise que se adquirem nos primeiros anos da vida profissional, constituem um ponto de partida sólido, para uma noção objectiva do profissionalismo ao longo das articulações mais complexas, nas quais o seu carácter é mais difícil de definir.

* * *

O profissionalismo em todos os graus da hierarquia social constitui a condição «sine-qua-non» do progresso, por representar a única energia susceptível de promover e comandar a «dúvida sistemática» em relação ao desenvolvimento do presente. E essa dúvida sistemática, de sentido mais objectivo do que a dúvida clássica dos filósofos, exprime a atitude de espírito indispensável para uma aceitação permanente de novos rumos e de novas técnicas.

O progresso implica sempre uma mudança de direcção, traduzida no aspecto dinâmico, pelo aparecimento de forças de inércia, de valor crescente com a curvatura da curva seguida. Essas forças de inércia representam as resistências que se opõem à criação de conceitos novos ou à exploração de domínios desconhecidos e exigem por isso, uma preparação de fundo suficiente para as dominar, de modo a tornar possível a integração subsequente dos resultados, no património científico-técnico da colectividade.

Mas essa preparação de fundo só se torna realmente eficaz a partir de um certo grau de especialização que representa o nível de profissionalismo a respeitar no domínio executivo das articulações mais simples. Aliás é lógico que seja assim, porque as forças de inércia, como forças, só podem ser equilibradas por forças iguais e opostas, cuja intensidade terá portanto de atingir um determinado valor mínimo, independentemente do trabalho que sejam susceptíveis de produzir.

No entanto, é necessário também que a energia total das articulações no seu conjunto, seja superior à energia das forças de inércia, sem o que o progresso realizado num determinado sector pode perder-se por falta de utilização integral.

O profissionalismo das articulações mais complexas não fica portanto vinculado directamente ao valor das forças de inércia, mas à energia necessária para as deslocar ao longo da curva do progresso.

Posto o problema nestes termos, há que considerar o duplo aspecto do valor total dessa energia e o do seu escalonamento ao longo dos diversos níveis da hierarquia técnica. O profissionalismo

passa a não se referir exclusivamente às funções específicas de cada artirculação, mas às próprias bases de estruturação dessa hierarquia.

Simplesmente, o cálculo da energia pressupõe o conhecimento das forças e implica portanto, a análise teórica dos domínios em que actuam. Deste modo, as articulações complexas têm uma missão difícil a cumprir, pelo que o êxito da sua actuação é uma função directa da estrutura conjunta em que têm de intervir.

Os caminhos do progresso obrigam a conjugar de uma maneira compacta os recursos técnicos e de organização das nações. O processo é caro, envolve riscos e requere um esforço intelectual esgotante; mas constitui, dentro do condicionalismo da nossa época, o único meio eficaz para fazer face à inércia que está implicitamente vinculada à modelação desse progresso.

Fornecimento de instalações completas para fábricas das indústrias seguintes:

- alimentar
- metalúrgica e mineira
- química
- maquinaria
- constução civil
- materiais de construção
- ligeiras
- madeiras
- energéticas

CEKOP

EMPRESA DE COMÉRCIO EXTERNO

Mokotowska, 49 — Varsóvia — Polónia

End. Teleg. CEKOP — VARSÓVIA

O campo de actividade da

CEKOP

inclui igualmente:

- elaboração de projectos técnicos e documentação técnica de fabrico
- entrega de material completo de fábricas incluindo todas as máquinas e instalações
- construção e montagem de fábricas sob a vigilância ou direcção de técnicos especialistas
- instrução do pessoal local para ficar apto a garantir o serviço e a conservação das máquinas e das instalações.

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 691.161.1:544.6

O MÉTODO ABSORCIOMÉTRICO NA IDENTIFICAÇÃO E ESTUDO DE BETUMES ASFÁLTICOS

POR ANTERA VALERIANA DE SEABRA

Engenheira Assistente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

SUMÁRIO

Neste trabalho procedeu-se ao estudo da aplicação do método absorciométrico na identificação de betumes asfálticos provenientes de matérias-primas de origem diferente: do Médio Oriente, da Venezuela e da rocha asfáltica de Angola.

A técnica utilizada na solubilização do betume foi a de C. Broome (1) e as conclusões tiradas foram confrontadas com as propriedades reológicas de cada um dos betumes.

Como complemento deste trabalho investigou-se qual seria o comportamento dos principais constituintes dos betumes—asfaltenos e maltenos — sob o ponto de vista da densidade óptica, comparando-as entre si e com a do betume asfáltico donde provêm.

A — Generalidades

As breves considerações que vão seguir-se, como introdução do estudo feito, dizem respeito a:

1 — Conceitos de colorimetria e suas leis;
2 — Aplicações e aparelhagem.

1 — *Conceitos de colorimetria e suas leis*

Segundo as últimas definições (2) a luz, estímulo da cor, «é o aspecto da energia radiante que é colhido por um observador humano por meio de sensações visuais que provêm da excitação da retina do olho».

A cor, fenómeno psico-fisiológico (3), é motivada por uma distribuição espectral desigual, na região visível, da energia radiante que alcança a retina.

Esta distribuição pode ser característica da própria origem ou ser resultado de absorções selectivas. O primeiro caso corresponde aos espectros de chama, compostos de um ou mais comprimentos de onda monocromáticos; no segundo caso, que é a maioria, incluem-se os sistemas corados devido a uma reflexão ou transmissão parcial da luz incidente.

Os corpos corados são, então, aqueles que possuem bandas de absorpção dentro da zona visível, isto é, no intervalo das radiações compreendidas entre 4.000 e 7.000 Å.

A relação, nesta região, entre as radiações absorvidas e as transmitidas pode ser dada esquemàticamente (4), por:

Posição da banda de absorção	Cor absorvida	Cor transmitida
750 m μ	azul	amarelo
500 m μ	azul-verde	laranja
550 m μ	azul-verde-amarelo	vermelho
600 m μ	verde-amarelo	vermelho-azul
650 m μ	amarelo-laranja	azul
700 m μ	vermelho	azul-verde
400 e 750 m μ	azul-vermelho	verde

Assim, uma substância corada tem a cor das radiações que reflecte ou transmite, absorvendo todas as outras radiações complementares da luz branca.

Como consequência, o espectro duma substância corada exibe faixas negras correspondentes às radiações que foram absorvidas fornecendo as chamadas *bandas de absorção*, características para cada substância corada. Estas bandas de absorção, são, geralmente, difusas com um aumento gradual até um máximo perto do centro da mesma.

A intensidade e posição do máximo de absorção, bem como o valor do aumento da absorção de cada lado do máximo, são propriedades definidas do composto a ser examinado e podem servir para o caracterizar ou identificar.

Por esta razão deve-se procurar sempre tra-

balhar no máximo de absorção e, portanto, com bandas de absorção tão estreitas quanto possível para que a precisão seja maior. Determinando a intensidade de luz transmitida para vários comprimentos de onda obtem-se uma curva chamada *curva de absorção* cuja posição e forma pode ser suficiente para identificar a substância qualitativamente.

Leis da fotometria — No caso duma solução corada a cor é inerente ao próprio constituinte ou, no caso mais geral, devida à formação dum composto corado, pela adição dum reagente adequado.

Verificou-se, neste caso, que as bandas de absorção sofrem variações quanto à intensidade e posição dependentes de diversos factores como dissolvente empregado, pH, concentração, espessura atravessada, etc. Este facto levou Lambert e Beer a procurarem a relação das intensidades luminosas transmitidas e algumas das variáveis indicadas, como a concentração e a espessura do soluto.

Estas leis servem de base a todos os estudos fotométricos.

Quando um feixe luminoso atravessa uma camada corada de espessura *e* os raios de comprimento de onda λ são absorvidos. Em cada elemento da camada *de* a absorção provoca uma diminuição de intensidade $d\,I_\lambda$.

Segundo a lei de Lambert este enfraquecimento é proporcional à intensidade luminosa I_λ que atravessa a camada e à espessura da mesma, *de*:

$$d\,I_\lambda = K I_\lambda\,de$$

donde integrando para a espessura total da camada *e*, vem:

$$\ln \frac{I_{o\lambda}}{I_\lambda} = K\,e$$

visto que para $e = 0$, vem $I = I_o$

À grandeza $\ln \frac{I_o}{I}$ dá-se o nome de *densidade óptica ou extinção* conforme os autores, e representa-se respectivamente por D ou E.

A constante K é o chamado *coeficiente de extinção* que depende da natureza do meio atravessado e comprimento de onda do fascículo luminoso utilizado.

Beer, por sua vez, verificou que para as soluções coradas, a densidade óptica era proporcional à espessura da camada *e* e à concentração *c* da substância dissolvida.

Assim, as leis de Lambert-Beer podem traduzir-se pela expressão

$$\ln \frac{I_o}{I} = K\,c\,e$$

ou, na base decimal

$$\log \frac{I_o}{I} = \varepsilon\,ce$$

ou

$$I = I_o \,.\, 10^{-\varepsilon\,ce} \qquad \text{(a)}$$

equação fundamental da fotometria.

À constante ε chama-se igualmente coeficiente de extinção e está relacionada com K por

$$\varepsilon = K \times 0{,}4343$$

A partir da equação fundamental (a) definem-se ainda, outras grandezas com interesse nas aplicações fotométricas.

Ao quociente das intensidades das radiações transmitida e incidente, $\frac{I}{I_o}$, dá-se o nome de *transmissão* que se representa por T. Expressa em percentagem a transmissão pode tomar o nome de *transmitância*.

Na prática, a diferença da transmissão para a unidade considera-se como *absorção*, isto é, $A = 1\text{-}T$.

2 — *Aplicações e aparelhagem*

2.1 — *Aplicações* — Desde que uma solução corada obedeça às leis de Lambert-Beer pode-se aplicar a equação fundamental da fotometria para determinar a sua concentração. Daquela equação vem para a densidade óptica.

$$D = \log \frac{I_o}{I} = \varepsilon\,c\,e$$

donde

$$C = \frac{D}{\varepsilon\,e} \qquad \text{(b)}$$

Assim, conhecido o coeficiente de extinção ε, a partir duma solução de concentração conhecida e para um dado comprimento de onda, e a espessura *e*, do soluto atravessado pelo feixe luminoso que é dada pelo recipiente de vidro

contendo o soluto, calcula-se a concentração c da solução determinando, por leitura directa na maioria dos aparelhos, o valor da densidade óptica.

No caso da solução (5) em que dois ou mais componentes contribuem para a absorção, a determinados comprimentos de onda, as densidades ópticas de cada um dos componentes são aditivas e, portanto, a densidade óptica da solução lida no aparelho será

$$D = D_1 + D_2 + \ldots = (k_1 c_1 + k_2 c_2 + \ldots) . e$$

A determinação da concentração de cada um dos componentes é, então, calculada a partir dum sistema de tantas equações quantos os componentes que interessam na absorção, sendo a densidade óptica de cada uma das equações determinada para um certo c. d. o. Assim, por exemplo, para dois constituintes:

$$D_\lambda = (k_1 c_1 + k_2 c_2) e$$

$$D_\lambda' = (k'_1 c_1 + k'_2 c_2) e$$

Em geral, apenas interessa a determinação da concentração dum dos componentes cuja coloração se provocou e tudo se reduz ao acaso anterior por meio de técnica apropriada. Esta consiste em determinar por diferença ou seja por comparação com o valor obtido num ensaio em branco (só com os reagentes), a densidade óptica da solução a um dado comprimento de onda, contendo o elemento de que se pretende saber a concentração.

Deste modo a expressão (b), serve de base à *análise colorimétrica*. Esta, todavia, não é mais do que um caso particular da fotometria que se pode definir como a medição da quantidade de luz absorvida por uma solução corada — espectrofotometria e colorimetria — ou por uma suspensão — turbidimetria — ou da quantidade de luz que é dispersada por uma solução empregando luz ultra-violeta, como radiação excitante — fluorometria.

São, pois, bastante vastas as aplicações deste ramo da análise química.

— Dum modo geral, a aplicação da fotometria faz-se numa base comparativa entre uma solução da substância desconhecida e outra que se toma para termo de comparação quer nas determinações quantitativas que ocupam hoje um lugar importante, quer nas qualitativas que têm especial interesse em química orgânica, por exemplo nos corantes.

Como já se disse, a identificação dos produtos e avaliação da sua pureza por este método, são baseadas no estabelecimento das curvas de absorção cuja forma depende da variação de absorção nas diferentes regiões do espectro: visível, ultra-violeta e infra-vermelho (6).

— Qualquer acção proveniente do composto, como a mudança de coloração, ou estranha a ele, como seja a variação da intensidade do feixe incidente, dá lugar a um aumento ou enfraquecimento da absorção e é revelada pela curva.

Numerosos estudos realizados, por exemplo, em química orgânica, levaram já ao estabelecimento de curvas de absorção para determinados compostos e agrupamentos atómicos bem definidos.

2.1 — *Aparelhagem* — As determinações fotométricas, quer quantitativas quer qualitativas, são realizadas por meio de aparelhos que se podem dividir em dois grupos principais:

— Colorímetros que empregam como origem luminosa a luz branca natural ou artificial e em que a observação é feita visualmente.

— Fotómetros que utilizam como origem luminosa um feixe luminoso compreendido numa faixa de comprimentos de onda relativamente estreita e em que as radiações transmitidas são recebidas por células fotoeléctricas.

Neste último caso a selecção dos comprimentos de onda pode ser feita por meio de filtros corados ou por meio dum dispositivo chamado *monocromator* que aproxima o feixe de luz da monocromaticidade.

Ao conjunto formado pelo monocromator e e pelo fotómetro pròpriamente dito, chama-se *espectrofotómetro*.

Estes aparelhos empregam-se sempre que se pretendem determinações de grande precisão e quando as bandas de absorção da substância são estreitas por exemplo, 1 a 10 mμ. Interessam especialmente sempre que se queiram obter resultados a partir do conhecimento das densidades ópticas como é o caso dos corantes orgânicos.

Quando as bandas de absorção são suficientemente largas, o monocromotor pode ser substituído por um acessório bastante mais barato: uma série de filtros, usualmente de vidro corado

especialmente fabricado, e dos quais se conhecem os espectros de absorção. Estes fotómetros são conhecidos por fotómetros filtros e servem para os usos correntes da fotometria.

A graduação destes aparelhos é frequentemente feita de modo a ler-se directamente os valores da densidade óptica e da transmitância.

Como os valores lidos nos fotómetros filtros dependem de diversos factores inclusivé do instrumento e seus acessórios, eles só têm validade quando comparados com resultados obtidos nas mesmas condições e a partir de padrões. Por esta razão se têm de estabelecer, para os diversos ensaios que se pretendem realizar com o aparelho, as curvas de calibração.

Nos gráficos para o traçado de tais curvas inscrevem-se em ordenadas os valores lidos no aparelho ou com eles relacionados como a densidade óptica, transmitância, absorção, o logaritmo de qualquer destes, etc. Para abcissas tomam-se os comprimentos de onda das radiações utilizadas na medição, em mμ ou frequências em «fresnel», no caso de curvas de absorção, ou a concentração quando se pretende a avaliação quantitativa dum constituinte.

Quando os valores fornecidos pelo aparelho se baseiam na capacidade de absorção da substância ensaiada aquele toma o nome de *absorciómetro.*

Para tais aparelhos é do maior interesse a medição da densidade óptica ou extinção visto que ela salienta os máximos de absorção tornando-os definidos e de fácil leitura. Deste modo se se tomar para ordenadas o log D, todas as curvas têm a mesma forma independentemente da espessura e da concentração desde que a solução obedeça à lei de Lamber-Beer. Isto conclui-se imediatamente da relação

$$D = \log \frac{1}{T} = 0{,}4343\ K\ c\ e$$

ou

$$\log D = \log 0{,}4343\ K + \log c\ e$$

desde que apenas *K* varie com o comprimento de onda e *c* e *e* não. Então, a forma da curva só depende do termo log 0,4343 K enquanto que a segunda parcela apenas influirá na altura.

Tais curvas servem de base, em muitos laboratórios, à identificação de materiais visto que as curvas de materiais idênticos serão sobreponíveis.

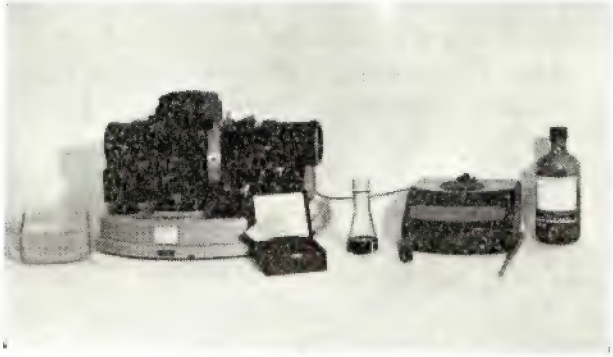
B — Identificação de betumes asfálticos por absorciometria

1 — *Bases de estudo, aparelhagem e técnica usadas*

Dado o interesse duma técnica rápida de identificação dos vários tipos de betumes asfálticos isoladamente ou numa mistura levou-se a efeito a aplicação do método absorciométrico para este fim a exemplo do que se pratica em laboratórios congéneres. Tal aplicação baseia-se nas considerações atrás citadas e, em especial, no que diz respeito à identificação qualitativa de substâncias orgânicas.

Assim, como geralmente se faz na maior parte dos trabalhos de fotometria para identificação de substâncias, estabelecem-se curvas padrões a partir de betumes conhecidos com os quais se compara a curva obtida a partir dum betume desconhecido. Estas curvas são traçadas medindo as transmissões duma solução com uma série de filtros corados, no caso de se utilizar um fotómetro filtro.

Estudos realizados por C. Broome conduziram-no a um método para a obtenção da solução de betume necessária para estas determinações o qual foi também utilizado neste estudo. Este método será descrito mais adiante.



O aparelho no qual se realizaram as leituras foi o absorciómetro Spekker modelo H-760 fabricado pela firma Hilger & Watts, Ltd.ª (Fotografia junta). Este é um fotómetro de filtros de 2 células fotoeléctricas em oposição para reduzir os efeitos de flutuações da intensidade luminosa incidente e utiliza o método de compensação óptica em que o sistema para igualização das intensidades provenientes do dissolvente e da solução é realizado por meio dum diafragma.

O tambor acoplado a este diafragma está graduado em densidades ópticas e transmitâncias.

As bandas de absorção são seleccionadas por um jogo de filtros da marca Kodak cujos espectros de absorção estão representados na figura 1.

As células de vidro usadas para conter a solução eram de 0,25 cm.

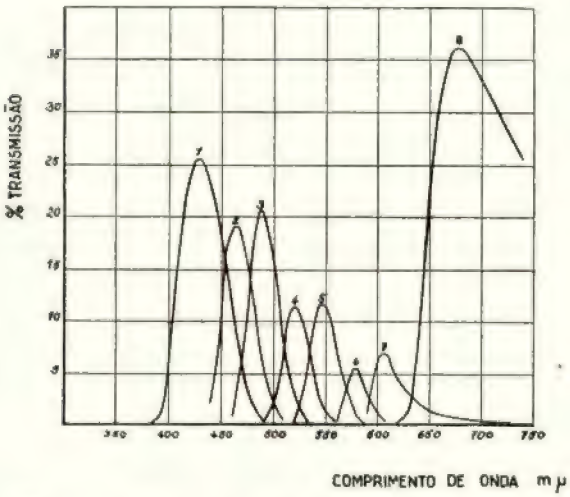


Fig. 1 — Curvas de absorção da série de filtros Kodak

2 — *Betumes utilizados* — Para o presente trabalho recolheram-se amostras de betumes asfálticos de várias origens, isto é, provenientes de vários crus.

Sobre essas amostras procedeu-se ao estudo absorciométrico proposto. Todavia, a imprecisão e complexidade do conhecimento dos materiais betuminosos levam a ter de se jogar com o maior número de dados sempre que, sobre estes materiais, se queiram deduzir quaisquer propriedades ou tirar conclusões para uma dada propriedade.

Este facto levou — como introdução e apoio ao estudo que vai seguir-se — a ensaiar cada betume em relação às suas propriedades fundamentais, de modo a poder estabelecer o tipo do betume estudado e avaliar a sua constituição química.

2.1 — *Identificação das amostras de betumes* — Estas, amàvelmente oferecidas a este Laboratório Nacional pelas respectivas empresas produtoras, foram — de acordo com a sua origem — divididas como segue:

— 5 amostras de betumes derivados de cru Venezuelano, fornecido pela «Shell Portuguesa, S. A. R. L.»;

— 3 amostras de betumes derivados de petróleos brutos do Médio Oriente, fornecidos pela Sociedade de Refinação de Petróleos — SACOR:

— 1 amostra de betume natural, extraído da rocha asfáltica de Angola (7).

A referenciação, no presente trabalho, de cada um destes betumes será feita como abaixo se indica.

Os primeiros são identificados pela letra V a que se junta um índice para cada um dos betumes de acordo com o esquema seguinte:

Obtidos por destilação

Spramex	180/200	V_1
Mexphalte	80/100	V_2
Mexphalte	40/50	V_3

Obtidos por insuflação

Mexphalt R	85/40	V_4
Mexphalt R	155/7	V_5

Os do segundo grupo são designados pela letra S e respectivo índice.

Betume asfáltico base, para insuflação, obtido por destilação (p. amol. 25°C) . . S_1
Betume 1.ª carga resultante de insuflação (p. amol. 42°C) . . . . . S_2
Betume 8.ª carga, corrigido por fluxagem 180/200 . . . . . S_3

O betume proveniente da rocha asfáltica de Angola é referido pela letra R.

Traçaram-se ainda curvas de absorção relativas a 2 alcatrões fornecidos pelas Companhias Reunidas de Gás e Electricidade: um alcatrão bruto — A_b e um alcatrão desidratado — A_d.

2.2 — *Determinação do tipo de betume* — A partir dos resultados dos ensaios relacionados com as propriedades reológicas é possível, de acordo com a teoria de Nellensteyn, Pfeiffer e Van Doormal, estabelecer o tipo de betume.

Quando se constrói um gráfico tomando para ordenadas a penetração do betume e para abcissas as temperaturas, obtém-se uma curva em que os valores de penetração vão aumentando à medida que a temperatura sobe. A inclinação da curva em cada ponto é dada por $\frac{d\ pen}{dt}$ e traduz a susceptibilidade verdadeira a essa temperatura. Esta será, portanto, variável com a temperatura e

definida pela tg α, sendo α o ângulo da tangente à curva no ponto considerado com o eixo das abcissas. Deste modo o valor representativo da susceptibilidade aumentará com a temperatura.

Verificou-se, no entanto, que o logaritmo da penetração era uma função linear da temperatura, isto é,

$$\log \text{pen} = At + K$$

donde

$$A = \frac{d \log \text{pen}}{dt},$$

em que A, coeficiente angular da recta, mede a sensibilidade do log pen à temperatura e é uma constante para cada betume. Este facto permitiu realizar com vantagem uma classificação do tipo de betume, de acordo com as suas propriedades reológicas visto que estas e, em particular, a elasticidade influem sobre a susceptibilidade térmica do betume.

Bastará, para isso, registar os valores de penetração a duas temperaturas diferentes e traçar a respectiva recta para conhecer o valor da susceptibilidade térmica da penetração para um dado betume.

Pfeiffer e Van Dormal, pretendendo ainda simplificar e representar os tipos de betumes por números simples estabeleceram um nomograma a partir da equação:

$$A = \frac{d \log \text{pen}}{dt} = \frac{\log 800 - \log \text{pen}_{25^{\circ}}}{(\text{A. B.}) - 25^{\circ}\text{C}} = \text{tg}\alpha$$

em que consideraram como constante e igual a 800 o valor da penetração à temperatura do ponto de amolecimento A. B. (anel e bola).

Ao índice de susceptibilidade, assim determinado, deram o nome de *índice de penetração* e a sua relação com o carácter reológico de betume será, então, a seguinte:

- — betumes cujo índice de penetração é menor que — 2 são do tipo newtoniano, isto é, comportam-se como fluxos puramente viscosos;
- — quando aquele parâmetro varia de — 2 a + 2 então os betumes já apresentam elasticidade e, geralmente, sofrem tixotropia. Pertencem ao tipo «sol» onde se inclui a maioria dos betumes de destilação usados para pavimentação;
- — para valores de índice de penetração superiores a + 2, os betumes apresentam elasticidade e tixotropia em alto grau. Este grupo é formado pelos betumes do tipo «gel» a que pertencem os obtidos por insuflação.

Quando a temperatura sobe as diferenças de carácter atenuam-se atingindo o tipo newtoniano.

A facilidade e comodidade que tal índice fornece na classificação dos betumes visando a sua aplicação tornam-no de grande interesse prático.

Todavia para avaliação da susceptibilidade térmica verdadeira o método gráfico tem maior interesse visto que para muitos betumes o valor da penetração à temperatura de amolecimento, A. B., é bastante diferente de 800 devido a manifestação de fenómenos reológicos muito complicados tais como plasticidade, elasticidade, tixotropia que impedem que aquele valor seja uma constante.

Para a determinação do tipo de cada um dos betumes em estudo realizaram-se, então, os seguintes ensaios:

- — ponto de amolecimento, método de anel e bola;
- — penetração sob 100 g e durante 5 s, às temperaturas de 15, 25 e 40° C.

Os resultados obtidos e os índices de penetração calculados segundo o nomograma de Pfeiffer e Van Doormal figuram no quadro seguinte:

QUADRO I

Amostra	Ponto de amolecimento (anel e bola) °C	Penetração 100 g/5 s			Índice de penetração
		15 °C	25 °C	40 °C	
V_1	40,0	60	180	> 350	— 0,8
V_2	45,5	30	90	141	— 1
V_3	52,0	14	43	196	— 1,5
V_4	84,5	—	23	50	+ 2,8
V_5	163,5	—	2	5	+ 6,3
S_1	28,5	187	290 (20 °C)	> 350	— 4,5
S_2	43,0	40	117	> 350	— 1,8
S_3	40,5	57	172	> 350	— 0,8
R	39,0	59	180	> 350	— 0,8

A susceptibilidade térmica da penetração foi estabelecida gràficamente a partir dos três valores de penetração encontrados às temperaturas

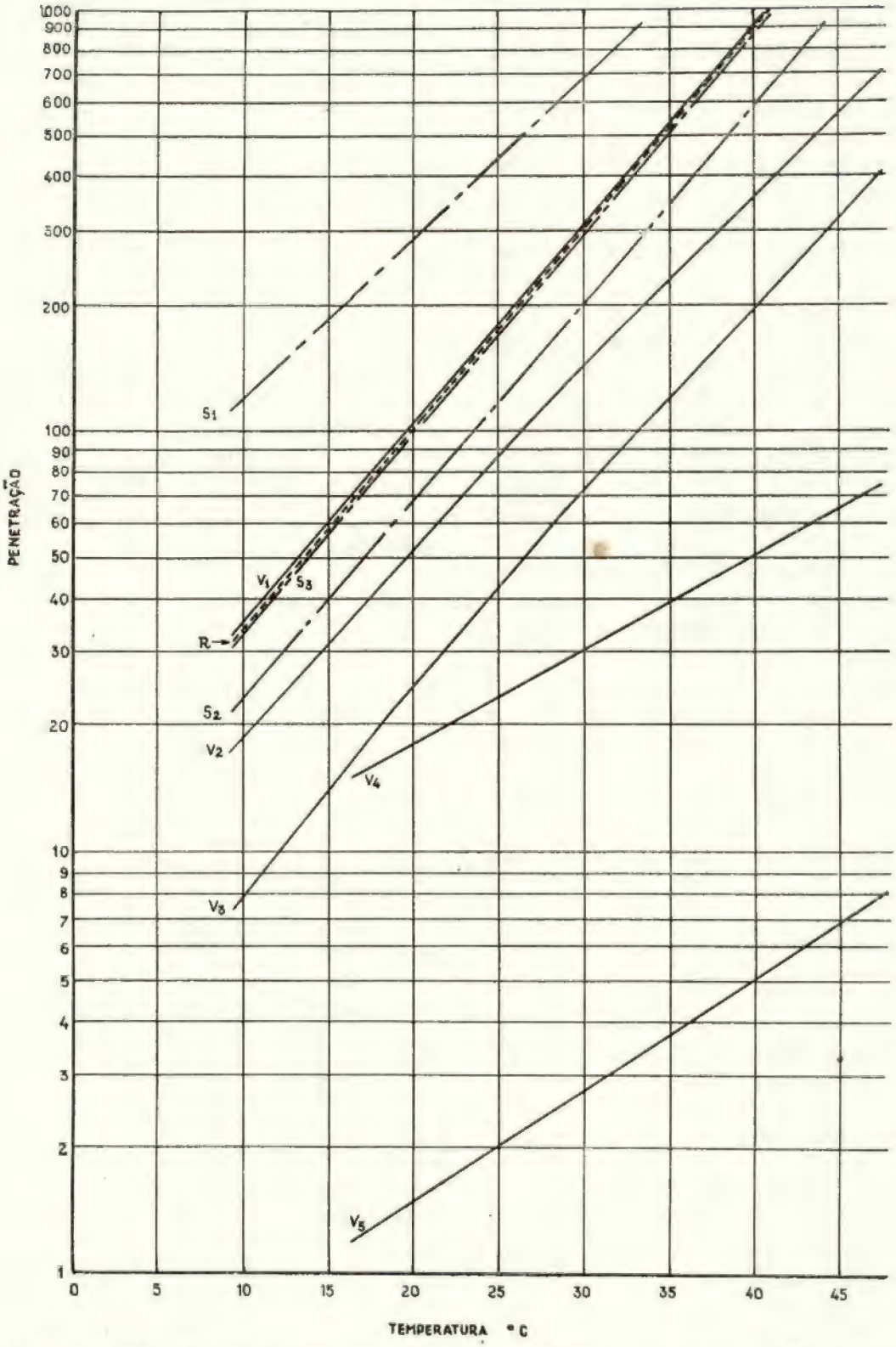


Fig. 2 — Representação gráfica em coordenadas semi-logarítmicas do log. de penetração em função da temperatura

indicadas e registadas na fig. 2 onde se verifica a linearidade dos mesmos de acordo com a equação log pen $= At + K$.

A apreciação dos valores do índice de penetração e do gráfico relativo à susceptibilidade térmica sugere as seguintes considerações:

— Os betumes V_1, S_3 e R apresentam o mesmo valor para índice de penetração e a mesma susceptibilidade térmica. O valor do índice de penetração $I\,P = 0{,}8$ indica-os como betumes do tipo «sol».
— Os betumes V_2, V_3 e S_2 são ainda do tipo «sol» mas os índices de penetração são diferentes e só as rectas que representam a relação log pen — temperatura apresentam coeficientes angulares pràticamente iguais entre si e às dos betumes do grupo anterior.
— Os valores de $I\,P > +2$ dão os betumes V_4 e V_5, como pertencentes ao tipo «gel» e embora esses valores sejam diferentes, a susceptibilidade térmica é a mesma, como se conclui do paralelismo das rectas, a inclinação destas é bem definida em relação à dos betumes anteriores.
— O betume S_1 é o único que apresenta para índice de penetração um valor inferior a -2 pelo que será considerado do tipo newtoniano o que, em parte era de esperar por se tratar dum betume muito macio.
— A susceptibilidade térmica, é pràticamente, a mesma para os betumes obtidos pelo mesmo processo de fabrico:

por destilação: V_1, V_2, V_3, S_1, S_2 e S_3

por oxidação: V_4 e V_5

— Os betumes duros V_4 e V_5, são menos sensíveis à temperatura do que os macios.

2.3 — *Constituição química*

Os betumes asfálticos são essencialmente constituídos por hidrocarbonetos e derivados destes contendo pequenas quantidades de enxofre, oxigénio ou azoto (8). Estes compostos, diferindo no carácter químico e no molecular, são principalmente formados por:

— hidrocarbonetos saturados ou parafínicos, da série $C_n H_{2n+2}$;
— hidrocarbonetos cíclicos saturados ou ciclo-parafinas e grupos nafténicos — $C_n H_{2n}$;
— hidrocarbonetos aromáticos da série $C_n H_{2n-6}$;
— hidrocarbonetos acíclicos com duplas ligações ou olefinas da série $C_n H_{2n}$.

A relação das quantidades dos diferentes grupos é dependente, em grande parte da sua origem e do método empregado para a sua produção.

Por exemplo, nos betumes obtidos por destilação ou oxidação não existem, normalmente, olefinas, enquanto que os obtidos por cracking acusam a sua presença.

Como há grande dificuldade na determinação da composição química dum betume esta é avaliada, pràticamente, por ensaios de solubilidade selectiva para os diferentes agrupamentos orgânicos. Deste modo se determinam os chamados constituintes dum betume, os principais dos quais, são:

Carboides — Insolúveis no sulfureto de carbono e formados por matéria inorgânica e carbono livre. A sua percentagem é normalmente inferior a 0,1 %, mas atinge 2 % nos betumes fortemente sobreaquecidos;

Carbenos — Solúveis no sulfureto de carbono mas insolúveis no tetracloreto de carbono. São formados por hidrocarbonetos fortemente aromáticos e por olefinas. Existem em percentagens superiores a 0,2 % nos betumes de cracking.

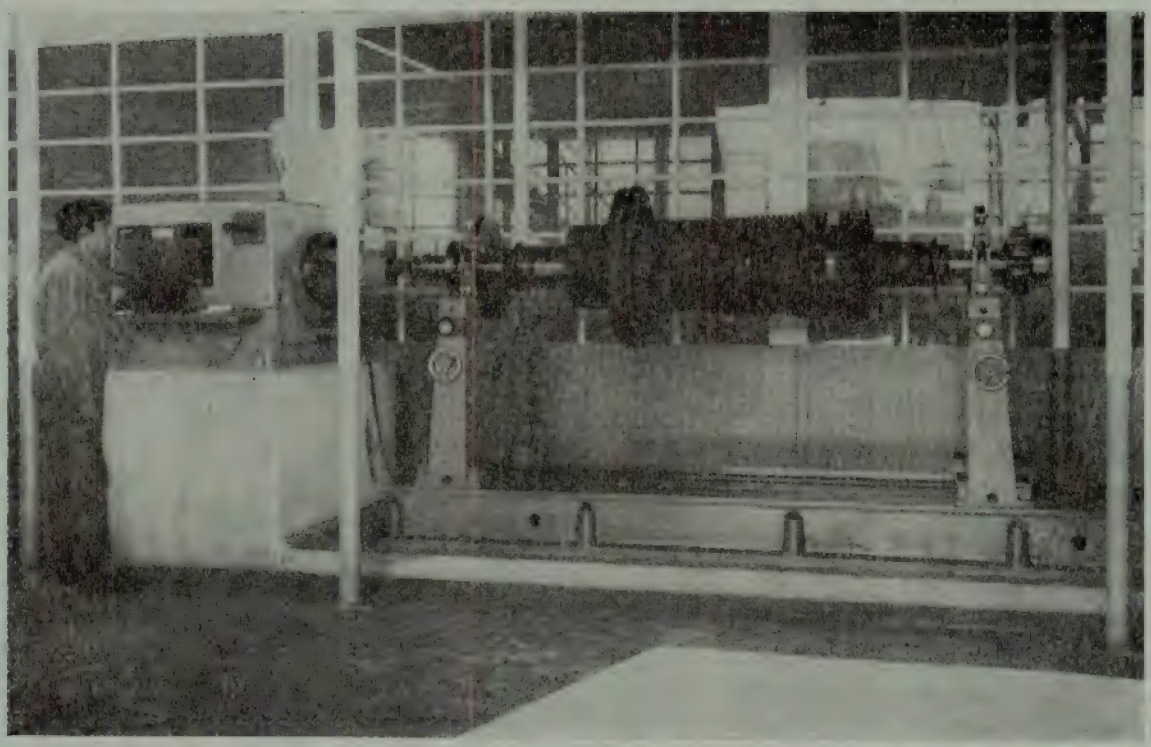
Asfaltenos — Constituintes solúveis no tetracloreto de carbono mas insolúveis em hidrocarbonetos saturados de baixo ponto de ebulição, como o éter de petróleo. Estes compostos são essencialmente hidrocarbonetos de cadeias parafínicas de extensão variável com a origem e o método de obtenção dos betumes. O seu teor é geralmente inferior a 30 %.

Maltenos — Correspondem aos compostos solúveis no éter de petróleo. Contém hidrocarbonetos parafinicos e nafténicos. A sua percentagem é, geralmente, superior a 70 %.

Sob o ponto de vista coloidal e de acordo com os trabalhos de Pfeiffer e Saal, os maltenos formam a fase intermicelar enquanto que os asfaltenos se consideram os principais constituintes das micelas, sem que haja, no entanto, uma separação perfeitamente definida entre os compostos de mais baixo peso molecular dos

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



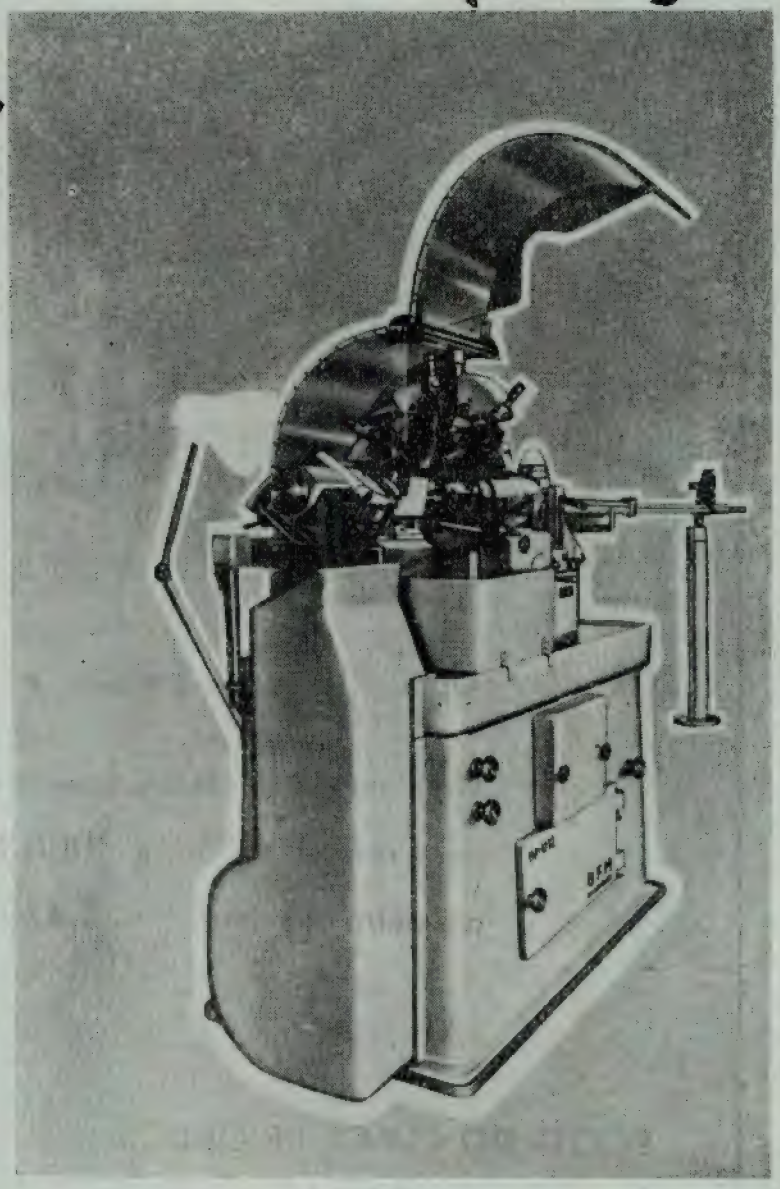
— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

LISBOA

Telef. 66 21 48



TORNOS AUTOMÁTICOS LONGITUDINAIS BP — U7 e BP — U12

de alta qualidade
da produção polaca

Fabrico de pequenas peças perfiladas em séries grande e média.

Construção simples, funcionamento infalível.

Vasta gama de rendimento. Solução muito criteriosa do avanço da barra. Paragem automática da máquina no fim do trabalho.

Características:	BP-U7	BP-U12
Diâmetro máximo da barra	7 mm	12 mm
Comprimento máximo utilizável	70 mm	70 mm
Velocidade do fuso v/min.	200-6000	700/6000
Gama de Rendimento peças/min.	0.462-24.6	0.076-23
Potência do motor	1 KW	1.7 KW
Peso aproximado	700 kilos	1.000 kilos

Catálogos circunstanciados a pedido.

asfaltenos e os de elevado peso molecular dos maltenos.

Para a separação destes constituintes trataram-se os betumes em estudo pelos vários dissolventes acima citados e as percentagens obtidas foram:

QUADRO II

Amostra	Carboides %	Carbenos %	Asfaltenos %	Maltenos %
V_1	0,09	0,02	12,6	87,3
V_2	0,12	0,04	14,6	85,2
V_3	0,14	0,19	15,9	83,8
V_4	0,22	0,03	28,6	71,2
V_5	0,16	0,32	39,7	59,8
S_1	0,22	0,10	7,8	91,9
S_2	0,05	0,04	16,9	83,0
S_3	0,20	0,09	15,0	84,7
R	—	0,06	15,3	84,64

O éter de petróleo empregado tinha a densidade de 0,660 — 0,680 e destilava 50 % do seu volume entre 55 e 80° C.

Destes resultados salienta-se que:

— a percentagem de carboides é um pouco superior ao normal o que faz sugerir que tenha havido sobreaquecimento;
— a percentagem de hidrocarbonetos aromáticos ou olefinas referente aos carbenos, é baixa;
— os valores respeitantes aos asfaltenos são todos inferiores a 30 % com excepção do betume V_5 o que está de acordo com o baixo valor de penetração apresentado por este;
— os maltenos apresentam valores superiores a 70 % com excepção do betume V_5;
— o betume mais macio S_1 é o que apresenta menor percentagem de asfaltenos, verificando-se o contrário para o mais duro V_5
— o betume tipo newtoniano S_1 é o que apresenta asfaltenos em menor quantidade:
— os betumes tipo «gel» são os que apresentam as maiores percentagens de asfaltenos;
— para os do tipo «sol» aquela percentagem varia de 12,6 a 16,9.

3 — *Características absorciométricas dos betumes*

Estudadas as amostras dos betumes asfálticos sob o ponto de vista reológico e químico, vai-se, então, proceder ao estudo absorciométrico das mesmas.

3.1 — *Técnica usada*

Como se referiu anteriormente, para se traçarem as curvas de absorção que servirão de base às conclusões a tirar é necessário determinar os valores de densidade óptica ou transmissão. Estes dados são obtidos sobre soluções do betume e a técnica de solubilização baseou-se no método de C. Broome, já citado, o qual se passa a transcrever:

«Faz-se uma solução em benzeno, com teor aproximado de 0,5 %. Quando o betume está completamente dissolvido a solução é centrifugada durante 20 min a cerca de 3 000 r. p. m. Pesam-se duas cápsulas com a precisão de 0,1 mg e deitam-se nelas 5 ml de solução. O dissolvente é, evaporado, a banho-maria. As cápsulas são pesadas e do peso do resíduo calcula-se a concentração de solução. A quantidade da solução é, então, ajustada a 1 g/l, por adição de benzeno.»

A técnica que foi usada neste estudo apresenta, apenas, uma ligeira modificação relativa à substituição da cápsula por um ernlmeyer para evitar a variação de concentração após o ajustamento da mesma. Assim, procedeu-se do seguinte modo:

— Tomaram-se cerca de 0,5 g da amostra do betume homogeneizado e dissolveram-se em cerca de 100 ml de benzeno. Centrifugou-se a solução a 3 000 r. p. m., durante 15 minutos. Do líquido sobrenadante retiraram-se 5 ml para um ernlmeyer de 100 cc prèviamente pesado com a precisão de 0,1 mg. Evaporou-se o dissolvente em banho-maria até peso constante. A diferença de peso dá a quantidade exacta do betume para o ensaio. Dissolve-se novamente, no mesmo recipiente, com benzeno em quantidade tal que dê uma solução exacta de 1 g/l. Esta solução foi feita na obscuridade de modo a evitar a influência da luz.

QUADRO III

Reproductibilidade das leituras feitas no «Absorciómetro Spekker» com soluções duma mesma amostra de betume

Filtro Kodak	1		2		3		4		5		6		7		8	
Número da amostra	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância	Densidade óptica	Transmitância
1 A	0.715	19.4	0.532	29.4	0.420	38.1	0.345	45.2	0.271	53.7	0.212	61.4	0.165	68.4	0.139	72.9
1 B	0.715	19.4	0.526	29.8	0.411	38.8	0.335	46.3	0.261	54.9	0.212	61.4	0.163	68.7	0.125	75.0
1 C	0.710	19.6	0.522	30.1	0.415	38.5	0.329	47.0	0.262	54.8	0.214	61.1	0.162	68.9	0.129	74.3
2 A	0.715	19.2	0.529	29.6	0.421	37.9	0.345	45.2	0.278	52.8	0.222	60.0	0.171	67.4	0.131	74.1
2 B	0.706	19.7	0.522	30.2	0.415	38.5	0.335	46.3	0.270	53.8	0.220	60.3	0.165	68.5	0.134	73.5
2 C	0.706	19.7	0.523	29.8	0.421	37.9	0.342	45.4	0.276	52.9	0.225	59.5	0.171	67.4	0.139	72.9
3 A	0.708	19.7	0.521	30.1	0.421	38.0	0.342	45.5	0.271	54.2	0.215	61.0	0.169	67.9	0.129	74.3
3 B	0.712	19.3	0.527	29.7	0.418	38.1	0.345	45.2	0.273	53.3	0.219	60.5	0.169	67.9	0.127	74.9
3 C	0.704	19.8	0.522	30.0	0.420	38.0	0.338	46.0	0.268	54.0	0.214	61.0	0.163	68.9	0.131	73.7

A leitura com a série de filtros foi feita logo após a solução pronta e num período máximo de 1/2 h.

Para se avaliar da reproductibilidade das leituras feitas fizeram-se várias soluções provenientes de 3 tomas iniciais diferentes do mesmo betume e de cada uma destas, 3 tomas de 5 cc após a centrifugação o que deu, no total, 9 soluções para ensaio.

Os valores da densidade óptica e transmitância lidos no aparelho figuram no Quadro III no qual se nota uma certa dispersão um pouco variável com o filtro empregado.

3 . 2 — *Resultados das leituras absorciométricas*

Assente a técnica a usar e verificada a sua reprodutibilidade e dispersão, procedeu-se à execução dos vários ensaios para os betumes atrás indicados, e obtiveram-se para as leituras no tambor do aparelho, os valores mencionados nos quadros que seguem, em que D e T são respectivamente a densidade óptica e a transmitância.

QUADRO IV

Leituras sobre os betumes derivados do cru Venezuelano

λ mμ	V_1		V_2		V_3		V_4		V_5	
	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T
430	0,748	17,9	0,830	14,8	0,904	12,5	1,00	10,0	1,50	8,8
470	0,565	27,2	0,626	23,7	0,687	20,6	0,806	15,9	0,830	14,8
490	0,456	35,0	0,505	31,3	0,546	28,5	0,655	22,1	0,662	21,8
520	0,379	41,8	0,416	38,3	0,456	35,1	0,549	28,4	0,555	27,9
550	0,312	48,8	0,341	45,6	0,372	42,6	0,465	34,6	0,467	34,2
580	0,261	55,5	0,288	51,7	0,310	49,6	0,387	41,1	0,381	41,5
600	0,208	61,9	0,223	59,8	0,244	57,1	0,312	48,9	0,305	49,9
690	0,169	67,8	0,179	66,3	0,192	64,4	0,245	57,1	0,245	57,1

QUADRO V

Leituras sobre os betumes derivados do petróleo do Médio Oriente

λ mμ	S_1		S_2		S_3	
	D	T	D	T	D	T
430	0,553	27,5	0,718	19,2	0,666	21,6
470	0,387	41,1	0,534	29,2	0,488	32,5
490	0,300	50,1	0,426	37,5	0,388	41,1
520	0,230	59,2	0,345	45,2	0,301	50,0
550	0,178	66,4	0,280	52,6	0,247	56,8
580	0,140	72,7	0,224	59,8	0,191	64,5
600	0,110	77,9	0,171	67,5	0,152	70,6
690	0,093	81,0	0,139	72,9	0,115	76,9

QUADRO VI

Betume da rocha asfáltica de Angola

λ mμ	R	
	D	T
430	0,606	24,9
470	0,461	34,7
490	0,362	42,4
520	0,295	50,7
550	0,239	57,6
580	0,197	63,7
600	0,157	69,8
690	0,122	75,4

Todos os valores registados são a média das leituras obtidas com duas tomas dum mesmo betume.

Determinaram-se, ainda, as absorções relativas às amostras dos alcatrões e os seus resultados foram :

Neste último caso as diferenças encontradas entre as 2 tomas — superiores às dispersões habitual, particularmente, no alcatrão bruto — podem ser explicadas pelo facto de não se conseguir uma redissolução completa no benzeno do resíduo do alcatrão proveniente da evaporação da primeira solução, no banho-maria. Todavia os resultados obtidos são suficientemente distintos dos anteriores para não se confundirem com eles.

Tais valores serviram, depois, para traçar as respectivas curvas de absorção representadas nas figuras 3 a 8.

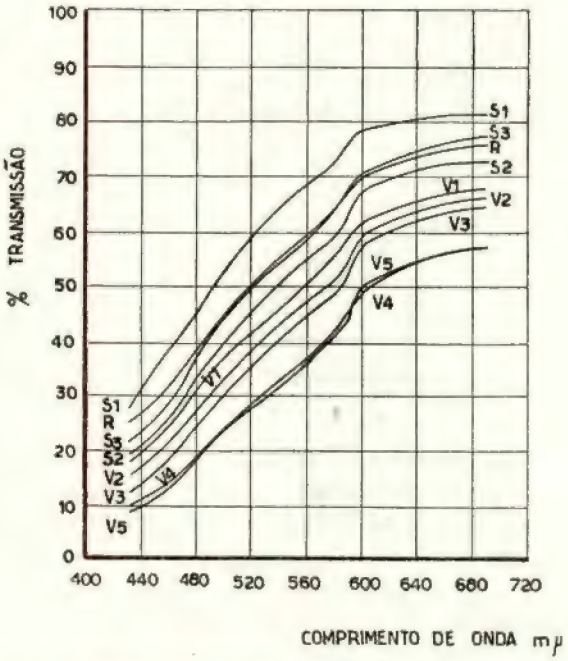


Fig. 3 — Curvas transmitância — comprimento de onda

As coordenadas usadas foram as cartesianas e semi-logarítmicas.

Para abcissas tomaram-se sempre os compri-

QUADRO VII

λ mμ	Alcatrão bruto				Alcatrão desideratado			
	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2
430	0,832	0,887	14,7	13,0	0,870	0,893	13,6	12,8
470	0,543	0,582	28,7	26,2	0,568	0,589	27,1	25,8
490	0,366	0,400	43,0	39,9	0,393	0,418	40,5	38,4
520	0,251	0,275	56,0	53,0	0,283	0,290	52,2	51,2
550	0,171	0,190	67,4	64,6	0,204	0,202	62,5	62,8
580	0,125	0,139	75,0	72,8	0,148	0,149	71.1	71,1
600	0,098	0,106	80,0	78,4	0,110	0,112	77,5	77,2
690	0,078	0,086	83,5	82,0	0,095	0,089	80,5	81,6

mentos de onda expressos em mμ. Os valores dos comprimentos de onda indicados nos quadros atrás correspondiam aos máximos de transmissão dos respectivos filtros.

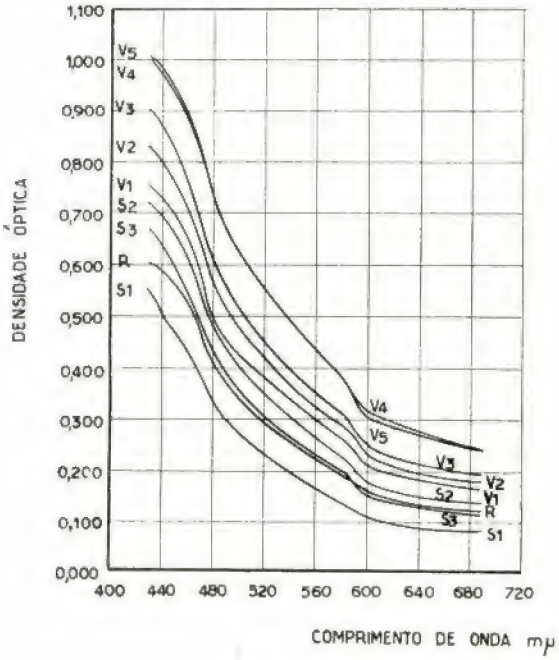


Fig 4 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda

Para ordenadas tomaram-se os valores da transmitância T, densidade óptica D e percentagem de absorção A, em coordenadas cartesianas. Em coordenadas semi-logarítmicas traçaram-se apenas os gráficos relativos à transmissão e densidade óptica.

Os valores da percentagem de absorção foram obtidos por diferença para 100 a partir da transmitância. Há, no entanto, a ter em conta que esta diferença não representa só a absorção mas também inclui as perdas devidas à reflexão e dispersão do feixe luminoso incidente.

3.3 — *Considerações sobre os gráficos obtidos*

Relacionando a constituição, tipo e origem de cada betume com os valores obtidos nos ensaios absorciométricos podem-se fazer sobre os gráficos várias considerações sendo umas de ordem geral e outras particulares para cada betume ou grupo de betume.

Assim, verifica-se que:

— cada um dos betumes ensaiados tem uma curva perfeitamente definida;

— o uso de coordenadas semi-logaritmicas, em especial no caso da densidade óptica, dá maior relevo às relações de proporcionalidade existente entre as curvas e uma melhor diferenciação entre elas;

— a percentagem de transmissão diminui à medida que a percentagem de asfaltenos aumenta;

— para qualquer dos betumes a variação de transmissão é mais sensível entre as radiações de 430 — 600 mμ;

— quanto ao tipo de betume as variações de transmissão em toda a região do espectro são proporcionais para um mesmo tipo;

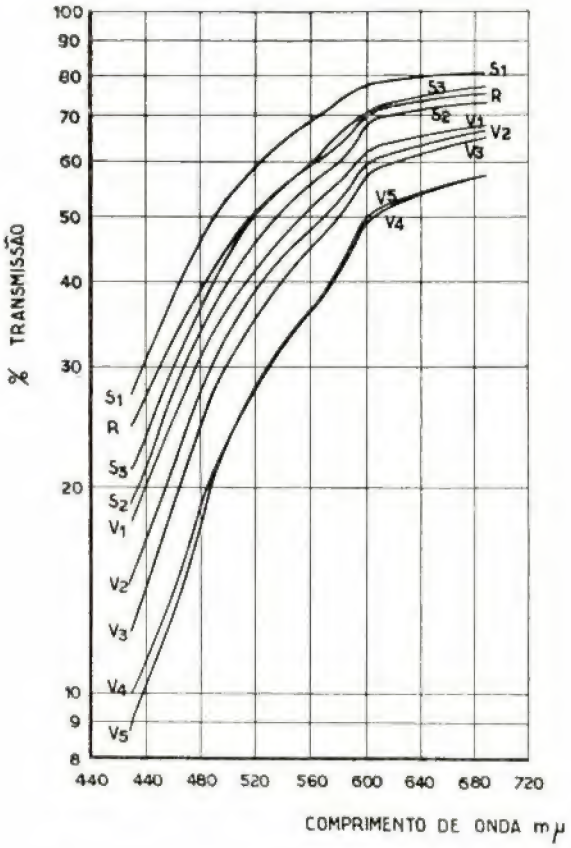


Fig. 5 — Curvas transmitância — comprimento de onda. Escala semi-logarítmica

— os betumes tipo «gel» são os que apresentam maior densidade óptica seguindo-se os do tipo «sol» e com grande diferença o do tipo newtoniano;

— quanto à origem, os betumes derivados do cru da Venezuela têm menor transmissões que os derivados do Médio Oriente;

— dentro de cada um destes grupos os de menor valor de penetração são os que apresentam

maior densidade óptica, por exemplo, V_5 e S_2;

— os betumes obtidos por destilação apresentam maiores transmissões que os de oxidação;

— as curvas correspondentes ao betume extraído da rocha asfáltica de Angola são muito semelhantes às do betume S_3, com o mesmo índice de penetração. Nota-se no entanto, que não lhe é paralela havendo até uma zona em que se interseptam;

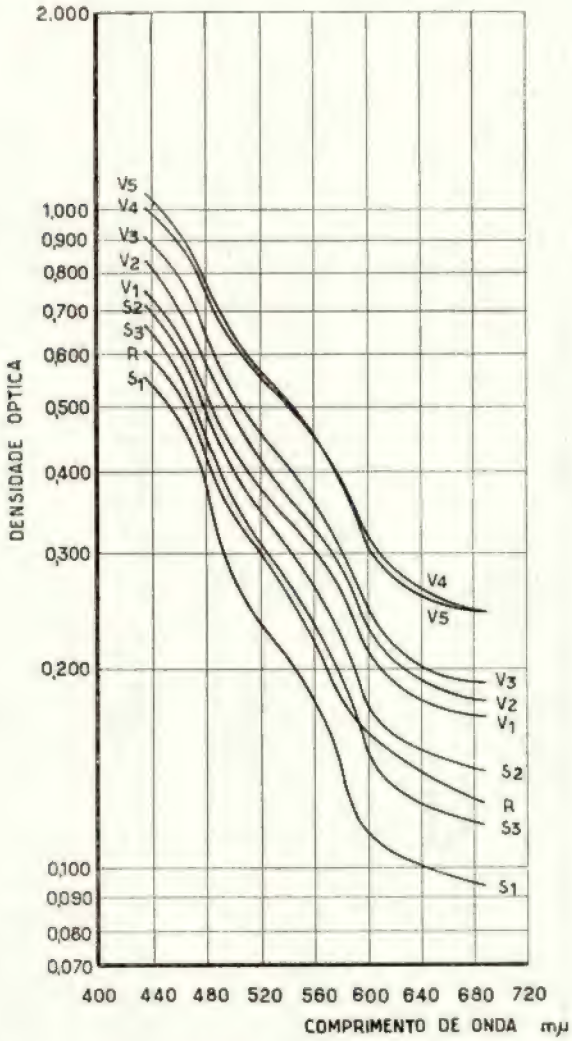


Fig. 6 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda. Escala semi-logarítmica

— de acordo com a expressão $D = \log \frac{1}{T}$, as considerações feitas para a transmissão são idênticas, mas em sentido inverso às da densidade óptica;

— as curvas traçadas a partir dos valores da absorção, figura 7, são semelhantes às da densidade óptica o que está de acordo com a expressão

$$D = \log \frac{1}{1 - A} \qquad \text{em que } 1 - A = T;$$

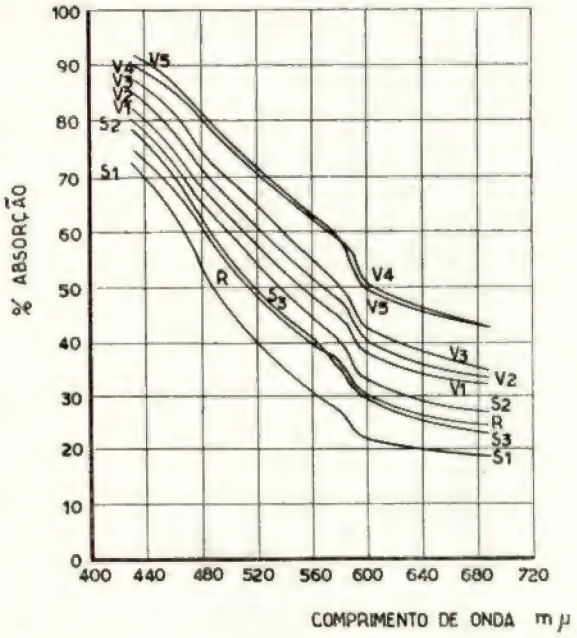


Fig. 7 — Curvas obsorpção — comprimento de onda

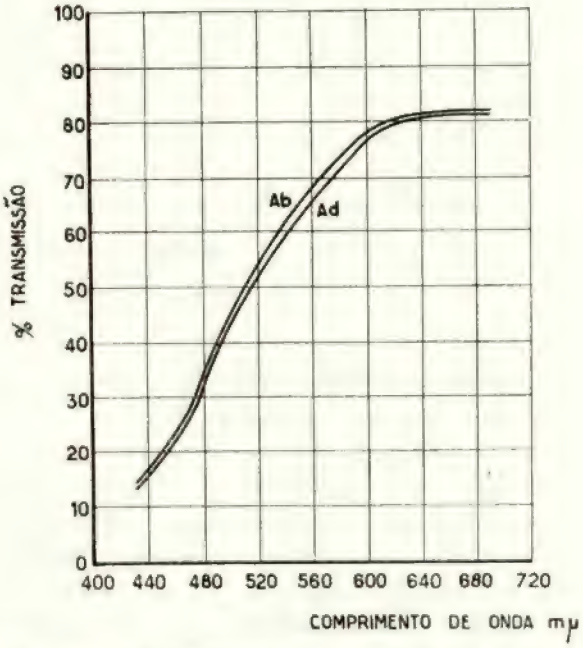


Fig. 8 — Curvas transmitância — comprimento de onda, para os alcatrões

— as curvas de transmissão obtidas para os alcatrões tem uma posição perfeitamente distinta das dos betumes como se nota na figura 8.

Estas considerações tornam-se mais evidentes, dum modo geral, nos gráficos de coordenadas semi-logarítmicas e, em especial quando se trata da densidade óptica.

Como aplicação destas considerações traçaram-se as curvas de absorção para outras amostras de betumes enviadas pela Shell Portuguesa as quais forneceram as transmissões registadas na figura 9. Estas curvas coincidiam pràticamente, com as correspondentes aos betumes V_1 e V_2, isto é, betumes 80-100 e 180-200 provenientes de cru Venezuelano.

Estes resultados estavam de acordo com as características que acompanhavam esses betumes.

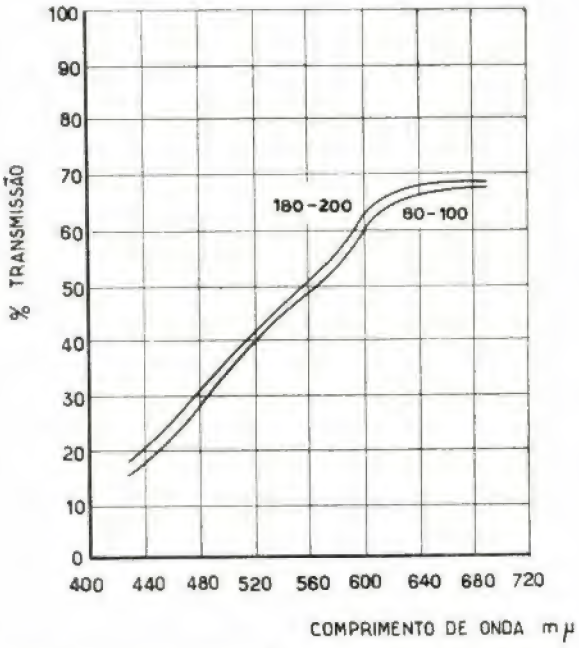


Fig. 9 — Curvas transmitância — comprimento de onda

C — Estudo absorciométrico dos constituintes dos betumes (*)

O facto dos betumes serem substâncias complexas, formadas por compostos que se podem separar em grupos apresentando características físico-químicas bem definidas e o facto da densidade óptica duma mistura ser uma grandeza aditiva, desde que se possa aplicar a lei de Lambert-Beer, levaram a investigar os seguintes problemas :

1 — Comparação entre si das densidades ópticas dos constituintes principais dos betumes estudados.

2 — Comparação da densidade óptica do betume

QUADRO VIII

Betume	Comp. de onda mμ	Maltenos 0,8 g/l		Asfaltenos 0,2 g/l	
		Densidade óptica	Transmissão	Densidade óptica	Transmissão
S_3	430	0,416	38,3	0,684	20,9
	470	297	50,3	519	30,2
	490	238	57,8	429	37,1
	520	181	66,0	353	44,3
	550	145	71,2	291	51,0
	580	121	75,5	237	57,8
	600	094	80,4	190	64,7
	690	076	84,0	151	70,7
V_1	430	0,494	32,0	0,526	29,7
	470	359	43,8	407	39,0
	490	296	50,5	341	45,5
	520	241	57,4	287	51,5
	550	194	63,9	243	57,0
	580	166	68,2	205	62,3
	600	131	73,9	168	68,0
	690	119	75,9	136	72,9
V_5	430	0,225	59,6	0,314	48,3
	470	149	70,9	240	57,3
	490	120	75,8	198	63,2
	520	090	81,1	162	68,8
	550	079	83,3	133	73,3
	580	062	86,5	115	76,6
	600	051	88,9	098	79,9
	690	046	89,9	082	82,5
S_2	430	0,390	40,7	0,505	31,2
	470	278	52,8	390	40,6
	490	222	60,0	320	47,8
	520	173	67,1	266	54,0
	550	142	72,0	220	60,2
	580	111	77,3	182	65,8
	600	091	81,0	145	71,5
	690	078	83,8	122	75,4
R	430	0,354	44,1	0,360	43,7
	470	260	54,9	277	52,8
	490	212	61,2	235	58,1
	520	167	68,1	191	64,3
	550	134	73,3	161	68,9
	580	109	77,8	134	73,2
	600	087	81,6	113	77,0
	690	081	83,0	092	80,8

(*) Esta parte do trabalho constituiu uma comunicação apresentada ao XV Congresso Internacional de Química Pura e Aplicada, realizado em Lisboa, de 9 a 16 de Setembro de 1956.

com a soma das densidades ópticas dos respectivos constituintes.

Para a sua resolução realizaram-se ensaios absorciométricos dos constituintes dos betumes com soluções a determinadas concentrações, diferentes para cada caso, como se verá mais adiante.

Procedeu-se, então, em primeiro lugar, à separação dos diversos constituintes dos betumes após o que se ensaiaram apenas os que entravam em maior percentagem, isto é, os asfaltenos e os maltenos.

Os betumes empregados nesta fase do presente estudo foram:

Betumes da Venezuela = V_1 e V_2
Betumes do Médio Oriente = S_2 e S_3
Betume da rocha asfáltica de Angola = R.

A separação dos seus constituintes foi feita com os mesmos dissolventes empregados na determinação da percentagem dos diferentes constituintes dos betumes, isto é, o tetracloreto de carbono e o éter de petróleo (d = 0,68 — 0,69).

Sendo a quantidade dos constituintes separados variável com a técnica de separação, a quantidade e a natureza dos dissolventes empregados, indica-se a seguir o método utilizado nesta operação.

Dissolveram-se 10 g de betume em 100 ml de tetracloreto de carbono e deixou-se a solução repousar dum dia para o outro. Os carbenos e os carboides foram, então, separados por filtração. O filtrado foi recebido numa cápsula e evaporado até completa eliminação do dissolvente. O resíduo da evaporação foi redissolvido em 100 ml de éter de petróleo (d = 0,680 — — 0,690) e deixado repousar como anteriormente.

Os asfaltenos foram separados por nova filtração e os maltenos ficaram em solução apresentando-se como uma pasta acastanhada após evaporação total do éter de petróleo.

Vai-se então examinar, em separado, cada um dos problemas propostos.

1 — *Comparação entre si das densidades ópticas dos constituintes principais dos betumes estudados, para um mesmo comprimento de onda.*

1.1 — *Técnica utilizada* — Uma vez isolados os constituintes dos betumes preparam-se as soluções para proceder à determinação dos valores da transmissão e da densidade óptica respectivas, usando a técnica já referida no estudo absorciométrico dos betumes. Estas soluções não puderam ter a concentração de 1 g/l, utilizada para os betumes, nem a concentração das soluções dos maltenos foi igual à dos asfaltenos, a fim de manter constante a sensibilidade do aparelho durante as leituras.

As concentrações empregadas foram, então:

asfaltenos — 0,2 g/l
maltenos — 0,8 g/l

visto que os asfaltenos dão soluções muito mais densas que as dos maltenos sob o ponto de vista óptico.

Deve, no entanto, notar-se que não foram experimentadas outras concentrações que poderiam conduzir, talvez, a resultados de maior interesse.

1.2 — *Resultados e sua interpretação*

Os valores da densidade óptica obtidos com cada uma daquelas soluções, para os diferentes constituintes, figuram no quadro VIII. Às curvas apresentadas nos gráficos 10 a 13 representam a variação da densidade óptica, em cada um dos casos, em coordenadas cartesianas e em coordenadas semi-logarítmicas. Os gráficos 10 e 11 referem-se às soluções de asfaltenos e os 12 e 13 às de maltenos.

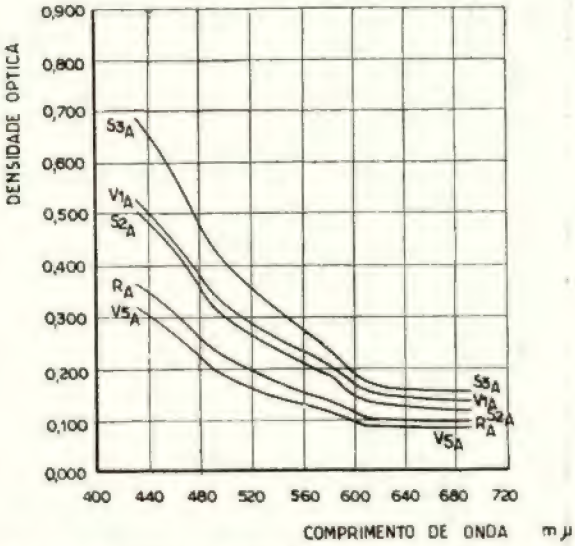


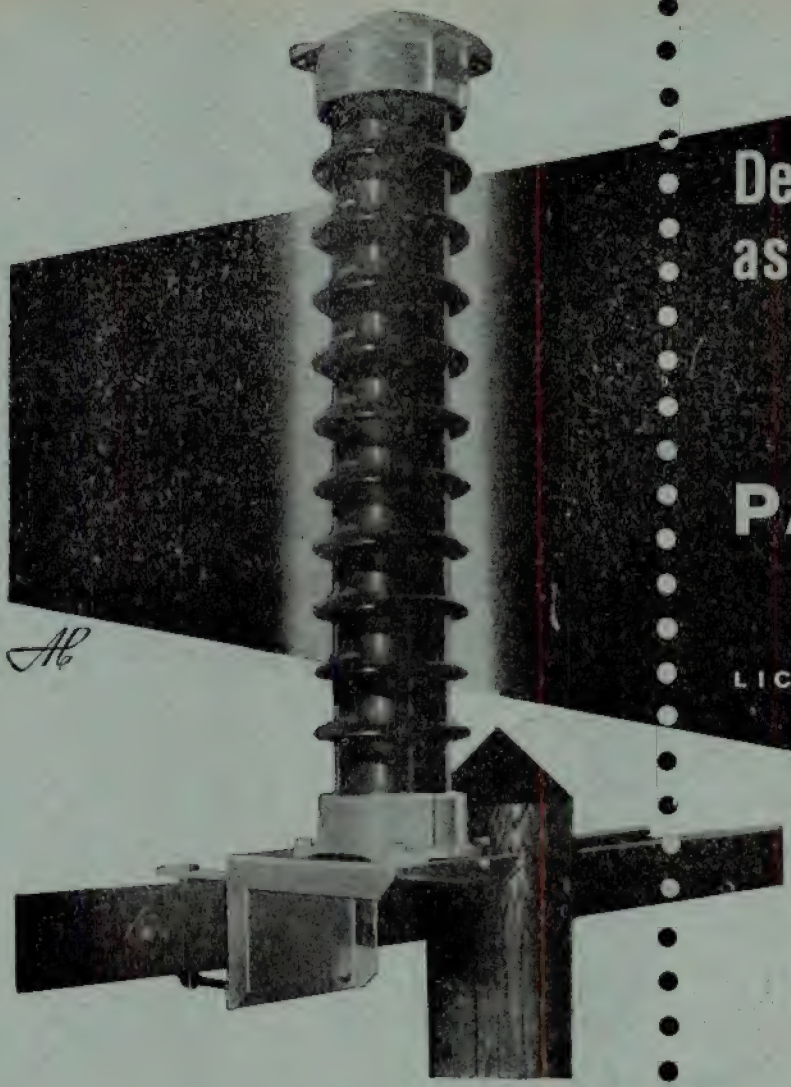
Fig. 10 — Curvas de densidade óptica — comprimento de onda, para os asfaltenos

Da apreciação dos valores obtidos e respectivos gráficos resultam as seguintes considerações:

— A cada um dos constituintes corresponde uma curva diferente o que torna mais evidente

QUADRO IX

Betume	λ m μ	Concentração	Maltenos Densidade óptica D_1	Maltenos Densidade óptica D_2	Concentração	Asfaltenos Densidade óptica D_1	Asfaltenos Densidade óptica D_2	Soma das densidades ópticas S_1	Soma das densidades ópticas S_2	Densidade óptica do betume
S_3	430	0,85 g/l	0,456	0,422	0,15 g/l	0,563	0,419	1,019	0,841	0,666
	470		322	295		437	312	759	607	488
	490		253	240		361	265	614	505	388
	520		200	184		294	216	940	400	301
	550		162	143		243	179	405	322	247
	580		129	114		198	138	327	252	191
	600		101	091		156	111	257	202	152
	690		085	069		132	092	217	161	115
S_2	430	0,83 g/l	0,361	0,345	0,17 g/l	0,403	0,461	0,764	0,806	0,718
	470		261	246		310	355	571	501	534
	490		204	191		271	294	475	485	426
	520		158	146		212	239	370	385	345
	550		124	115		175	198	299	313	280
	580		103	089		142	165	245	254	224
	600		082	072		116	131	198	203	171
	690		069	060		095	101	164	161	139
V_1	430	0,87 g/l	0,509	0,530	0,13 g/l	0,285	0,407	0,794	0,937	0,748
	470		367	388		218	309	585	697	565
	490		300	313		185	265	485	578	456
	520		242	255		155	221	397	476	379
	550		198	208		128	188	326	396	312
	580		164	172		111	158	275	330	261
	600		135	142		093	131	228	273	208
	690		107	122		085	109	192	231	169
V_5	430	0,60 g/l	0,195	0,146	0,40 g/l	1,041	0,900	1,236	1,046	1,05
	470		137	098		0,831	702	0,968	0,800	0,830
	490		113	079		673	578	786	657	662
	520		085	061		560	488	645	549	555
	550		075	047		475	399	550	446	467
	580		060	039		387	331	447	370	381
	600		052	034		310	265	362	299	305
	690		046	034		241	212	287	246	245
R	430	0,84 g/l	0,302	0,283	0,16 g/l	0,375	0,308	0,677	0,591	0,606
	470		211	201		290	236	501	437	461
	490		171	163		245	200	416	363	362
	520		129	131		201	167	330	298	295
	550		101	104		169	129	270	233	239
	580		082	081		138	113	220	194	197
	600		064	070		111	093	175	163	157
	690		059	061		095	076	154	137	122



Defenda eficazmente as suas instalações

com a protecção que lhes pode ser dada pelos

PÁRA-RAIOS ACEC

LICENÇA WESTINGHOUSE

ACEC CHARLEROI

PRODUTO DA MAIS RECENTE E APERFEIÇOADA TÉCNICA DE FABRICAÇÃO

Tipo AX

Pára-raios de expulsão, destinado à protecção de transformadores de distribuição.

Tensão nominal: 0,75 kV a 15 kV

Tipo ASV

Pára-raios de resistência variável, para instalações de grande importância.

Tensão nominal a partir de 3 kV

Tipos ALV e ALS

Pára-raios de resistência variável, para instalações de média importância.

ALV — Tensão nominal: 3 a 25 kV

ALS — Tensão nominal de 0,15 a 0,75 kV

Tipo ALVS

Pára-raios de resistência variável, para instalações importantes.

Tensão nominal de 20 a 85 kV

FABRICANTES

ACEC — ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI

CHARLEROI · BÉLGICA

REPRESENTANTES GERAIS

INEL - INDÚSTRIAS ELÉCTRICAS ASSOCIADAS

Sede em Lisboa: Rua Rodrigo da Fonseca, 76, 4.º
Telef. 730161/2/3/4/5 — Teleg. INELA-LISBOA
Delegação no Porto: Rua de Santa Catarina, 470
Telef. 28841, 28842 e 28843 — Teleg. INELAPO-PORTO

BP
ENERGOL
VISCO-STATIC
MOTOR OIL
BP
ENERGOL
VISCO-STATIC
MOTOR OIL
BP
no INVERNO ou no VERÃO
'VISCO-STATIC'

em coordenadas semi-logarítmicas e existe uma diferenciação maior no caso dos asfaltenos.

— Existe uma certa proporcionalidade entre os valores da absorção dos asfaltenos.

— Esta proporcionalidade verifica-se igualmente nos maltenos, entre as curvas correspondentes aos betumes V_1 e V_5. Os outros maltenos, relativos aos betumes R, S_2 e S_3, apresentam valo-

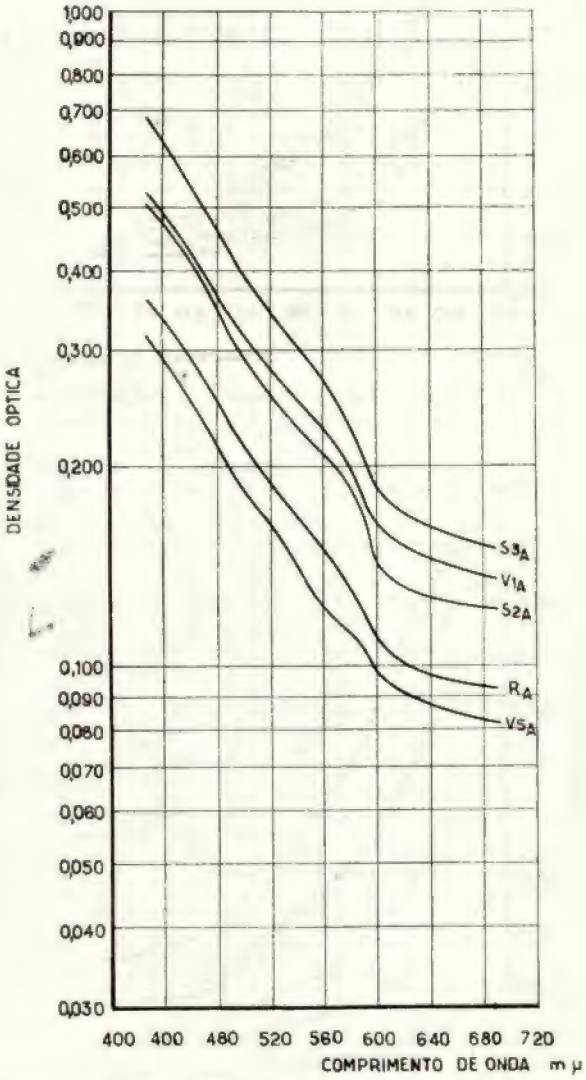


Fig. 11 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para os asfaltenos. Escala semi-logarítmica

res quase idênticos e, neste caso, nota-se ainda que há um ponto, a cerca de 630 mμ, onde o coeficiente de extinção dos três betumes toma o mesmo valor.

— A posição relativa das curvas de absorção dos constituintes pertencentes a betumes de diferente origem é diversa conforme se trata de asfaltenos ou maltenos, como fàcilmente se verifica da comparação dos gráficos respectivos.

— Constituintes provenientes dos betumes de menor valor de penetração, em cada um dos grupos, têm menor capacidade de absorção e, portanto, menor densidade contra o que seria de esperar de acordo com as curvas atrás determinadas para tais betumes. Tal é, por exemplo,

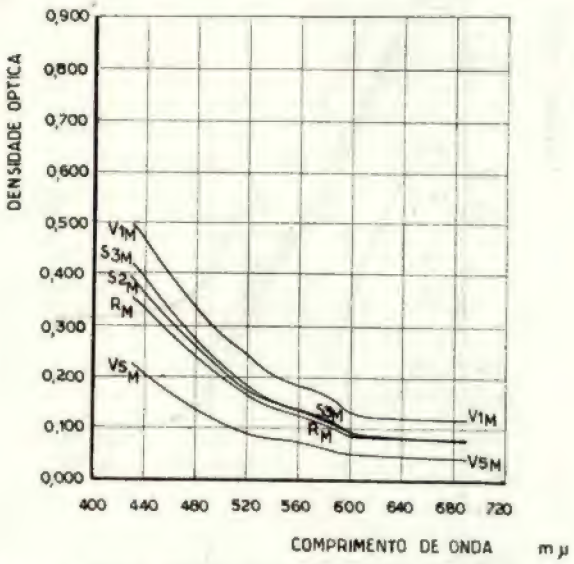


Fig. 12 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para os maltenos

a diferenciação existente entre os constituintes dos betumes V_1 e V_5.

Estes factos, revelados experimentalmente, levam a dar como resposta à questão posta que os compostos a que se dá os nomes genéricos de maltenos e asfaltenos, mesmo empregando uma técnica de separação igual, são de composição muito diversa dependente, sem dúvida, da origem do produto betuminoso e do processo de fabrico em especial, no caso dos asfaltenos.

2 — *Comparação da densidade óptica do betume com a soma das densidades ópticas dos seus constituintes, para um mesmo comprimento de onda.*

2.1 — *Técnica utilizada* — Para a resolução desta segunda parte aplicou-se a mesma técnica e efectuaram-se determinações de densidade óptica com soluções cujas concentrações em maltenos e asfaltenos eram iguais àquelas com que estes constituintes entravam na solução de betume de 1 g/l.

Estas concentrações foram calculadas a partir

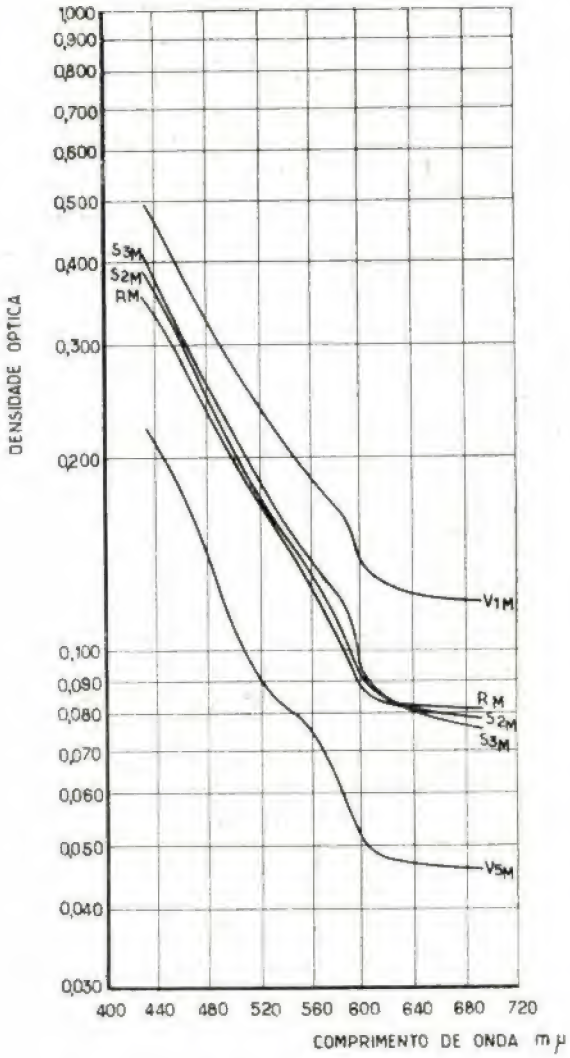


Fig. 13 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para os maltenos. Escala semi-logarítmica

das percentagens dos constituintes de cada betume, indicadas na página 19.

Utilizando os constituintes provenientes da separação que serviu para os ensaios anteriores e com o fim de verificar a existência ou não de variações das densidades ópticas consoante o repouso sofrido pelos constituintes após a separação preparando-lhe duas soluções.

As colunas S_1 e S_2 referem-se às somas das densidades ópticas das colunas D_1 e D_2 respectivamente, enquanto que a coluna B está preenchida pelas densidades ópticas dos betumes correspondentes, para os mesmos comprimentos de onda.

Os gráficos 14, 15 e 16 representam as densidades ópticas cuja soma mais se aproxima da densidade óptica do betume a qual está igualmente registada.

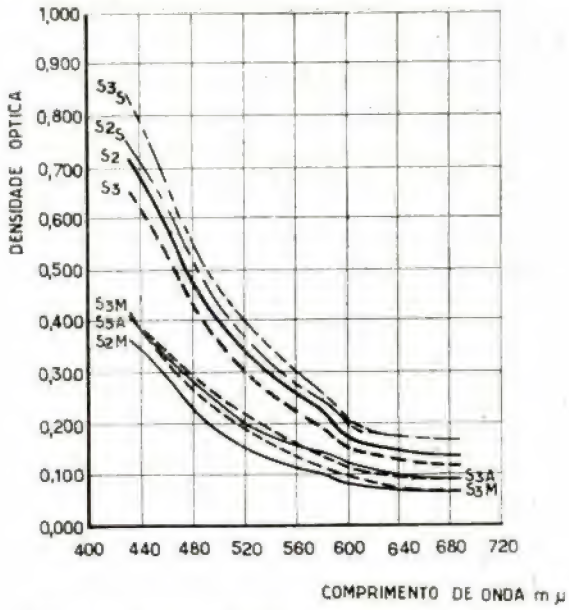


Fig. 14 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para os betumes S_2 S_3 e seus constituintes

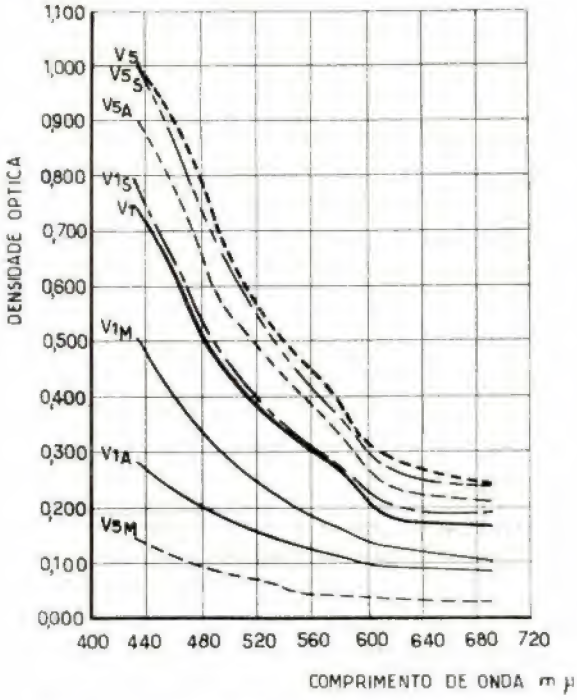


Fig. 15 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para os betumes V_1 V_5 e seus constituintes

A comparação destes valores entre si e com os do quadro VIII conduzem às seguintes considerações :

— quanto à concentração, existe, dum modo

geral proporcionalidade entre os valores registados nos dois quadros;

— as mesmas variações de concentração produzem maiores diferenças de absorção no caso dos asfaltenos;

— os valores obtidos na segunda série de leituras D_2, são todas mais baixas que os da primeira no caso dos maltenos; no caso dos asfaltenos são inferiores para os dos betumes S_3 V_5, e R mas são superiores para S_2 e V_1.

— quanto á relação das densidades ópticas com a densidade do betume não existe uma regularidade em todos os casos. Assim as leituras da 1.ª série dão somas superiores às densidades dos betumes respectivos; as da 2.ª série aproximam-se bastante no caso dos betumes S_2, V_5 e R sendo pràticamente igual para V_5 e R; mantêm-se superiores para os betumes S_3 e V_1.

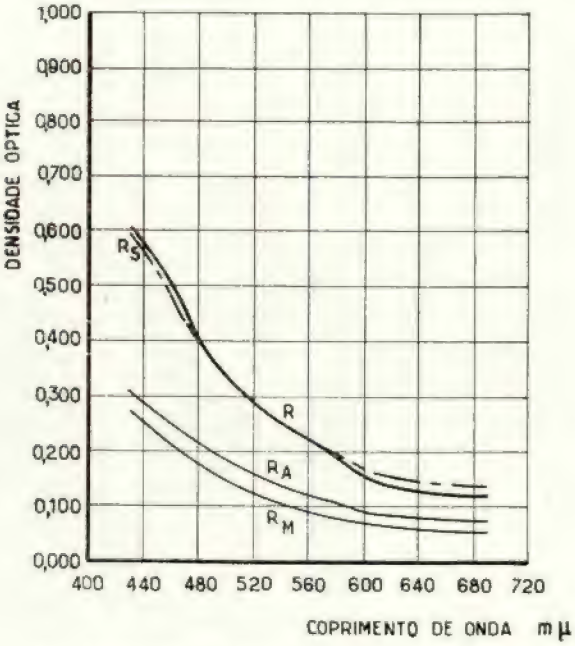


Fig. 16 — Curvas densidade óptica — comprimento de onda, para o betume R e seus constituintes

A variação observada nos valores das densidades ópticas podem representar, de certo modo, uma evolução para um estado mais estável que o obtido imediatamente após a separação, como é o caso das primeiras leituras. Este facto parece poder ser explicado pela tixotropia a que estes materiais estão sujeitos duma maneira geral e, em particular, os do tipo «gel», como é o caso do betume V_5.

É também possível que as estruturas dos constituintes após a separação não coincidam com as que existem quando formam o betume.

As diferenças existentes podem, ainda, ser explicadas por outras razões como a não consideração de todos os constituintes dos betumes; e a existência de particularidades da estrutura do próprio betume, considerado no seu conjunto, visto que a constituição dos materiais betuminosos é muito complexa e os seus constituintes têm uma acção muito importante uns sobre os outros.

D — Conclusões Gerais

Do estudo realizado e das considerações já apresentadas podem-se, então, tirar as conclusões que seguem:

— é possível a identificação dos betumes asfálticos por absorciometria;

— os gráficos a usar deverão ser traçados em coordenadas semi-logarítmicas sempre que se pretenda salientar a diferenciação entre diversos betumes;

— sempre que se trate de mistura, os valores a tomar para ordenadas devem ser os da densidade óptica;

— à medida que o comprimento de onda do feixe incidente sobe até 600 mμ a densidade óptica do betume decresce mantendo-se pràticamente constante de 600 a 690 mμ, dentro dos valores ensaiados;

— os betumes de menor valor de penetração são os que apresentam menores transmitâncias;

— nos valores de absorção dos constituintes verificou-se que influía mais a natureza de cada um deles do que as suas percentagens relativas;

— os asfaltenos apresentam, para a mesma concentração, densidades ópticas muito mais elevadas que os maltenos e uma mesma variação de concentração torna-se muito mais sensível no caso dos asfaltenos;

— após a separação a capacidade de absorção dos constituintes parece variar com o tempo;

— a densidade óptica dum betume parece ser, em certos tipos de betume, igual à soma das

densidades ópticas dos constituintes principais — asfaltenos e maltenos — desde que tenha sido satisfeita a condição de estabilidade.

A reserva patente nestas últimas conclusões é consequência da necessidade de outras determinações e ensaios que confirmem ou não estes resultados. Uma vez verificadas estas variações com o tempo, teria interesse o estudo da variação da absorção até se obterem valores constantes.

Tais estudos permitirão certamente um melhor conhecimento dos materiais betuminosos, quer sob o ponto de vista da sua composição química, quer quanto à sua evolução tixotrópica.

Agradecimento — Ao meu colega Fernando Branco agradeço reconhecida a boa colaboração na revisão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) — Broome and Edward, «The identification of Bitumen by Colorimetric Methods» — Journal of the Institut of Petroleum, vol. 38, n.º 338, Fev. 1952.

(2) — Mellon, M. G, «Colorimetry for Chemists», The G. Frederick Smith Chemical Co. — Columbus, Ohio, pg. 1 e 2.

(3) — Blottiau, F., «Colorimétrie», 1951, Paris, Edição de «La Revue d'Optique théorique et instrumentale».

(4) — Scott, W. W., «Standard Methods of Chemical Analysis», 1948, New York, D. Van Nostrand Company, Inc., pg. 2614.

(5) — Mellon, M. G., «Colorimetry for Chemists», The G. Frederick Smith Chemical Co. — Columbus, Ohio, pg. 98.

(6) — Brode, W. R., «Chemical Spectroscopy» 1945, New York, John Wiley & Sons, Inc.

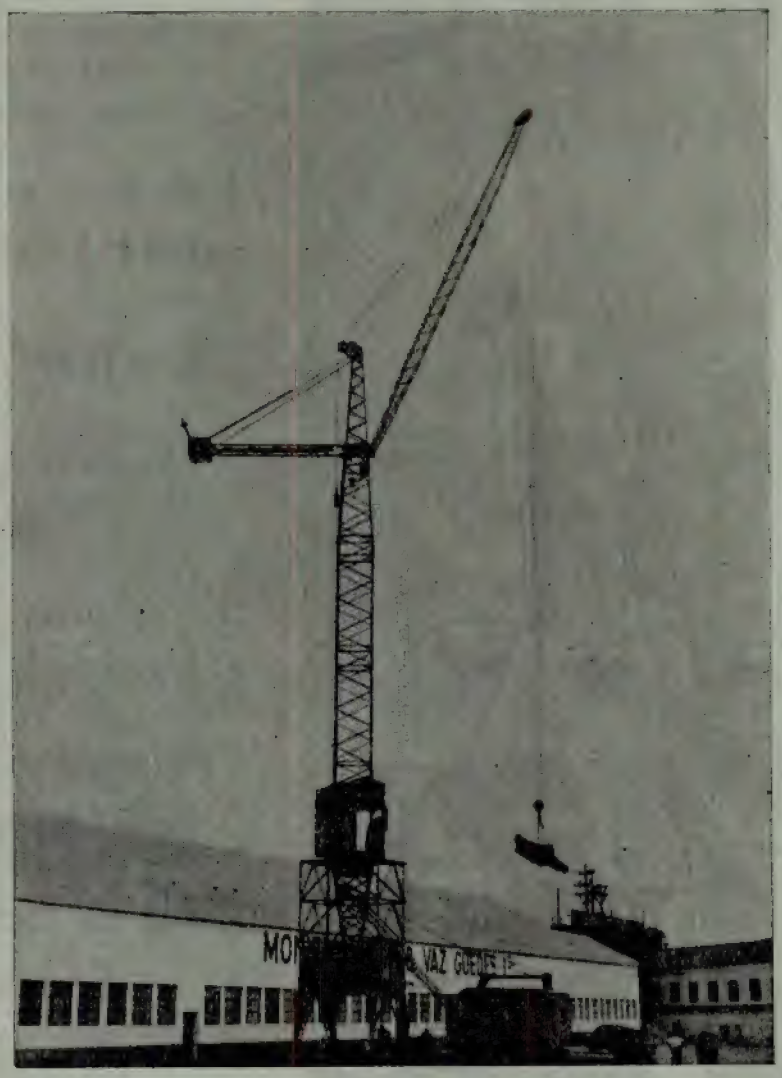
(7) — «Estudo do betume da Rocha Asfáltica de Angola», relatório L. N. E. C. — 208 — II.

(8) — Pfeiffer, J. Ph. «The properties of Asphaltic Bitumen», 1950, New York Elsevier Publishing Company, Inc.

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal

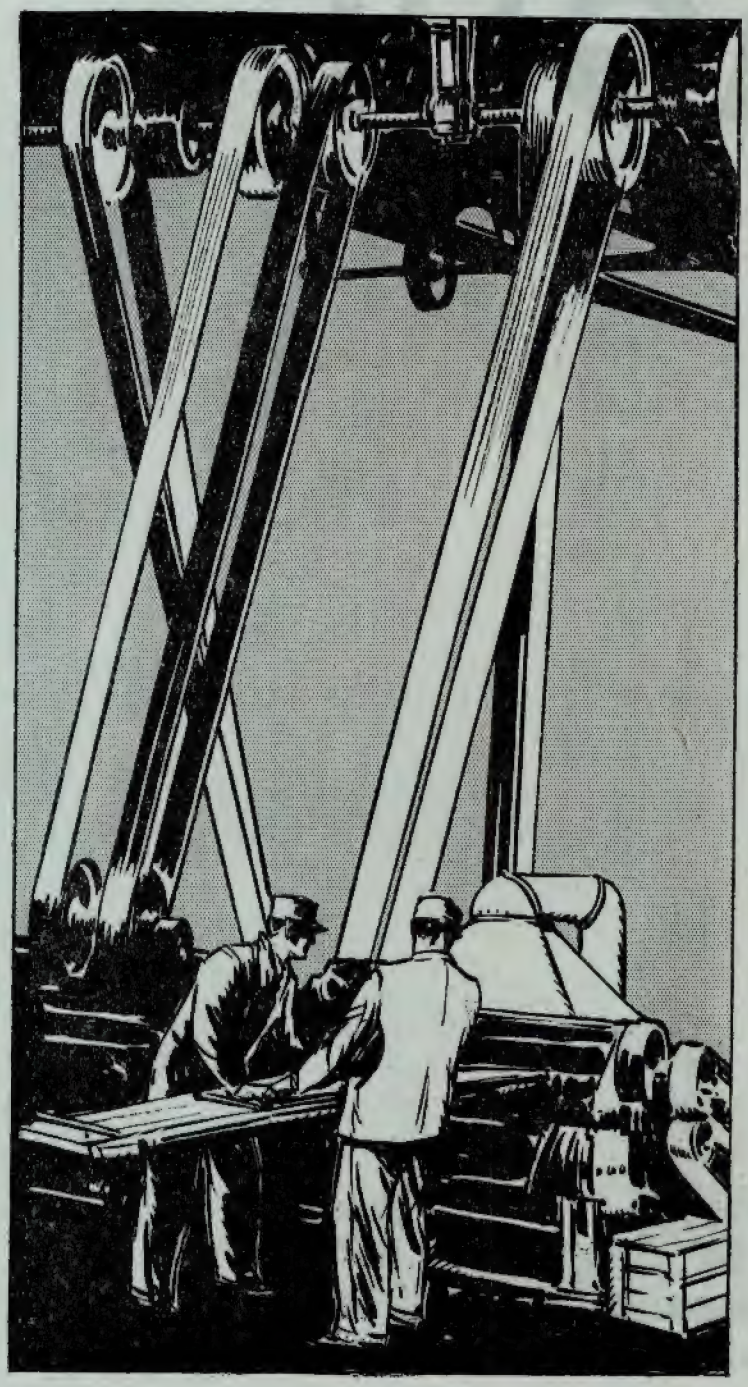


GRUA MAGUE 20 em serviço

Características:	Carga máxima	3000 Kg
	Alcances de	4 a 20 m
	Altura máx.	44 m

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS



Nas grandes Fábricas

onde há transmissões importantes e se deitam contas a todos os factores que influem no custo da produção

é de rigor o equipamento integral com correias

GOODYEAR

após os resultados das primeiras experiências

Tente uma experiência e procederá igualmente

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS:

Canelas & Figueiredo, L.da

Rua dos Fanqueiros, 46

LISBOA

Telefones { 2 5058 / 2 4502

Telegramas: CANELASCO

GOODYEAR

C. D. U. 629.127.011.1.001 2

Cálculo da estrutura do casco resistente de um submersível

POR ANTÓNIO AFONSO DE SOUSA RIBEIRO CAZAES
Eng.º Construtor Naval e Mecânico

1 — Considerações Gerais

O problema do cálculo da estrutura do casco resistente dos submersíveis tem evolucionado desde a sua origem duma maneira assaz curiosa.

Se nos primeiros tempos, logo após a descoberta do submersível, pouco preocupou os inventores, dada a pequena profundidade de imersão a que se navegava, em breve se complicou pela necessidade sempre crescente e imperiosa de aperfeiçoar uma tal arma, dando-lhe cada vez maiores possibilidades de manovrabilidade e navegabilidade.

O problema de resistência estrutural não era, porém, mais que um puro problema de resistência transversal, devido à forte pressão hidrostática que tendia sempre a deformar a secção transversal do casco.

Se, a título de comparação, nos referirmos aos cascos dos navios de superfície, é sabido que o estudo da resistência transversal apresenta grandes dificuldades, consequentes de um conjunto de causas que podem agrupar-se em duas categorias bem distintas — aquelas que tendem a deformar transversalmente o casco e aquelas que, pelo contrário, formam um sistema complexo que deve opor-se às primeiras.

Pelo que respeita à primeira categoria, sabemos que, contràriamente ao que acontece quanto à resistência longitudinal, na qual basta considerar a distribuição longitudinal dos esforços e dos pesos, na resistência transversal deve-se ter em conta um conjunto de forças bastante mais complexo, ao longo de todo o perímetro da secção transversal e proveniente da pressão hidrostática, dos pesos que agem directamente, das forças transmitidas pelas estruturas longitudinais, das forças de corte, dos esforços de tensão e compressão devidos aos momentos de flexão longitudinais, etc., etc.

Todas estas solicitações constituem um conjunto de acções de muito difícil determinação, umas vezes concordantes outras vezes de sinais contrários, cuja resultante final é pràticamente impossível de determinar com suficiente exactidão.

Referindo-nos à segunda categoria, isto é, ao complexo resistente, devemos dizer que, enquanto para o estudo da resistência longitudinal se podia considerar o casco como uma viga rectilínea formada de elementos longitudinais e portanto fàcilmente determináveis no seu conjunto, na resistência transversal deve-se pelo contrário, considerar um complexo de três complicadas estruturas fundamentais, isto é: ossatura — balizas e vaus — anteparas e invólucro externo.

Qualquer destas constitui um todo idóneo e bem qualificado, sempre enquadrado na resistência total e à qual dá uma quota-parte importante.

Para os navios de superfície, dada a complexidade do problema, ainda hoje não é possível uma solução rigorosa e satisfatória.

Anàlogamente poderiamos dizer o mesmo para os primeiros submarinos, visto que, para a pequena profundidade de imersão, não era possível desprezar todas as solicitações de carácter transversal e a que já nos referimos, em comparação com aquela devida à pressão hidrostática. Por outro lado, a própria pressão hidrostática não podia considerar-se uniforme ao longo de todo o perímetro que limita a secção de casco resistente.

A imediata consequência deste estado de coisas foi que a secção circular do casco resistente — que seria a mais conveniente quando submetida a uma pressão uniforme — não pôde ser considerada a mais lógica para o fim em vista.

Porém, com o aumento de profundidade de imersão alcançada pouco a pouco pelo submarino, o problema foi-se de novo simplificando, visto que a pressão hidrostática se tornou de tal maneira preponderante que se puderam desprezar todas as outras forças de carácter transversal agentes no casco, sem influência notável no resultado dos cálculos.

Desejamos ainda esclarecer que esta evolução simplificativa nos métodos de cálculo dos cascos resistentes foi acompanhada duma mais lógica consideração do conjunto das estruturas resistentes constituído pela ossatura e invólucro externo atribuindo a este último a função mais importante no capítulo da resistência, contràriamente ao que até então se tinha sempre suposto — (Marbec e Föppl). Na verdade, segundo estes ilustres projectistas, a estrutura mais importante era a ossatura enquanto que o invólucro externo era considerado como um simples acessório de ligação de vários anéis em que se tinha imaginado dividir o casco. Esta concepção contrasta imediatamente com a mais moderna teoria da resistência de um tubo cilíndrico sem reforços, capaz de suportar uma elevada pressão externa.

As consequências destas erróneas concepções nos métodos de cálculo conduziram à construção de ossaturas exageradamente robustas e, simultâneamente, de reduzidas espessuras do invólucro exterior.

Para terminar estas considerações desejamos sintetizar aqui a moderna concepção do casco resistente de um submarino e em que nos baseámos no decorrer deste trabalho — «um invólucro cilíndrico reforçado internamente por ossaturas transversais e submetido em toda a superfície a uma pressão externa uniforme».

Podemos, neste momento, dizer já que o cálculo dos elementos estruturais fundamentais de um submarino, isto é — a espessura do casco resistente, o vão de baliza, e a forma e dimensões das balizas — se tornou hoje pràticamente possível tal como anteriormente dissemos, graças à elevada profundidade de imersão a que normalmente se navega e à escolha da forma circular para o casco resistente.

A determinação dos elementos estruturais é feita, portanto, aplicando a teoria do cálculo dos tubos reforçados fechados e sujeitos à pressão externa uniforme. Tal teoria consiste em verificar quer o invólucro quer a ossatura às solicitações devidas à «carga radial», e à «carga de ponta» (1).

Para a ossatura, a primeira verificação reduz-se à de compressão — «desfibramento», chamemos-lhe assim — e a segunda — a «fractura» — consiste em impor que a carga radial (referida à unidade de comprimento ao longo da circunferência) existente sobre a baliza não supere a carga crítica de ponta dada pela fórmula de Föppl.

Para o invólucro, a primeira verificação — a da resistência ao «desfibramento» — diz respeito às solicitações segundo as direcções tangencial e axial devidas à pressão externa, considerando particularmente o invólucro como uma viga contínua (para a qual a ossatura constitui os apoios) carregada uniformemente e sujeita a uma carga axial constituída totalmente ou em parte, pela pressão sobre os fundos. A segunda verificação — a que chamámos a «festonamento» — é fundamentada em fórmulas teóricas, adaptadas porém, à prática, mediante coeficientes experimentais de correcção. Estes coeficientes tomam em consideração — com oportunas hipóteses simplificativas — o modo particular com que se manifesta a fractura do invólucro debaixo das acções simultâneas da pressão externa e da força axial sob a forma de ondulações, mais ou menos numerosas, quer ao longo da circunferência, quer na direcção axial. Tais fórmulas dão, em função dos elementos estruturais e do número de ondulações, o valor da pressão que produz a respectiva deformação.

As solicitações unitárias normalmente admitidas para a estabilidade da estrutura não devem ser superiores à «carga limite de elasticidade» Ks do material adoptado, dividido por um coeficiente de segurança Xs prèviamente fixado e normalmente compreendido entre 2 e 3. É óbvio que isto equivale a assumir a solicitação máxima igual à «carga limite de elasticidade», calculando a estrutura para uma profundidade de imersão igual a Xs vezes aquela inicialmente conhecida como elemento dado do projecto (além dos já citados factores de correcção para a pressão de «festonamento»).

Posto isto, as fórmulas vulgarmente usadas para as quatro verificações já referidas, anteriormente, são as seguintes:

a) *Para o «desfibramento» da ossatura:*

$$K_s = \frac{X_s \cdot P_r \cdot R_1}{P + bs} \qquad (1)$$

donde:

K_s — «carga limite de elasticidade»

P_r — força radial actuando sobre a unidade comprimento da baliza (V. fórmula 3)

(1) Entendemos aqui por «carga de ponta» a carga axial devida à pressão sobre os fundos.

R_1 — raio baricêntrico da secção resistente $F + bs$

F — área da secção da baliza

b — largura da aba da cantoneira em contacto cam o casco resistente

s — espessura de invólucro ou casco resistente.

b) *Para a fractura da ossatura:*

(Föppl)

$$P_{ko} = 3 \cdot \frac{1}{1-\mu^2} \cdot \frac{E\,I}{R_1^2 R} = \frac{3{,}3\,E\,I}{R_1^2 \cdot R} > X_s\,P_r \qquad (2)$$

sendo (segundo Sauden e Günther):

$$P_r = \frac{p}{1+\beta}\left[\frac{2-\mu}{2}\,\beta\left(\frac{F}{s}+b\right)+b\right] =$$

$$= \frac{p}{1+\beta}\left[0{,}85\,\beta\left(\frac{F}{s}+b\right)+b\right] \qquad (3)$$

onde:

p — pressão dada de projecto

X_s — coeficiente de segurança

E — módulo de elasticidade do material

μ = 0,3 — inverso do coeficiente de Poisson para o aço

I — momento de inércia baricêntrico da secção resistente

R — raio externo do invólucro

β — quantidade adimensional dada por:

$$\beta = 2 \cdot \frac{s}{a} \cdot \frac{N_{(z)}}{F + bs} \qquad (4)$$

na qual:

$$a = \frac{\sqrt{3\,(1-\mu^2)}}{\sqrt{R\,s}} = \frac{1{,}285}{\sqrt{R\,s}} \qquad (5)$$

e $N_{(z)}$ é uma função (V. tabela das funções auxiliares) da quantidade adimensional:

$$Z = al = 1{,}285\,\frac{l}{\sqrt{R\,s}}$$

Tanto nesta expressão como em quanto se segue teremos:

l = distância livre entre balizas, de tal maneira que:

$l_1 = l + b$ = intervalo entre balizas.

Na fórmula (3) subentende-se a hipótese que a força radial P_r é aquela que existe no inteiro intervalo $l + b$, tendo-se suposto já dado o cedimento do invólucro por «festonamento».

c) *Para o «desfibramento» do invólucro*

$$\sigma L = \frac{p\,R}{s}\left[0{,}5 + \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\left(\frac{2-\mu}{2} - \frac{bs}{F+bs}\right)\cdot\frac{L_{(z)}}{1+\beta}\right] < \frac{K_s}{X_s} \qquad (7)$$

$$\sigma_n = \frac{p\,R}{s}\left[1 - 2\left(\frac{2-\mu}{2} - \frac{bs}{F+bs}\right)\cdot\frac{P_{(z)}}{1+\beta}\right] < \frac{K_s}{X_s} \qquad (7)$$

Fórmulas de Sanden e Günther nas quais σ_L e σ_r são as solicitações efectivas máximas e $L_{(z)}$ e $P_{(z)}$ são funções da variável *z* dada pela expressão (6). (É conveniente ver a tabela junta das funções auxiliares).

d) *Para o «festamento» do invólucro*

Fórmula de Von Mises:

$$P_k = \frac{E}{n^2+\alpha^2}\left[\frac{\alpha^4}{(n^2+\alpha^2)^2}\cdot\frac{s}{R}\,\frac{n^2+\alpha^2}{1-\mu^2}\cdot\frac{s^3}{12\,R^3}\right] < \frac{X_s \cdot p}{\xi} \qquad (8)$$

na qual temos:

P_k — pressão de «festonamento»

n — número de ondulações transversais

$\alpha = \frac{\pi\,R}{l}$

ξ = 0,6 ÷ 0,8 (para s > 7 mm) — factor de correcção.

O número *n* de ondulações que se deve introduzir na expressão do segundo membro é aquele que torna mínimo o valor de p_k. Esse número pode ser determinado por tentativas mas mais judiciosamente, como o método do Ilustre Professor Fernandez Avila, o qual, igualando a zero a derivada de (8) em relação a *n*, obteve as relações:

$$\xi\,p_k = \frac{s^2}{R}\,\psi_{(z)} > X_s\,p \qquad (9)$$

$$n = \frac{R}{l} \phi_{(z)} \qquad (10)$$

onde os valores das funções $\psi_{(z)}$ e $\phi_{(z)}$ são dados em tabelas e gráficos para valores de z de 0 a 10. Como é evidente o valor verdadeiro de n será o número inteiro mais próximo do valor obtido com a (10).

A fórmula (8) de Von Mises refere-se a um tubo fechado, sem reforços, de comprimento l, sujeito inteiramente a força axial que se exerce sobre os fundos. É sabido que esta fórmula, nas verificações experimentais, se mostrou exacta no que diz respeito ao valor n, porém, como já foi dito anteriormente, fornece valores em excesso para a pressão de «festonamento» P_k.

* * *

As fórmulas (3), (7), (8) embora geralmente adoptadas com resultados julgados absolutamente satisfatórios, não são imunes de críticas severas e bem fundadas que têm produzido, por vezes, algumas alterações, levando as teorias originárias mais próximas da realidade.

Assim, para as (7) o engenheiro italiano F. Viterbo chegou às seguintes expressões:

$$\sigma L = \frac{pR}{s}\left[0{,}5 + \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}} \cdot \frac{2-\mu}{2} \cdot \frac{F}{F+bs} \cdot \frac{L_{(z)}}{1+\beta}\right] \leqslant \frac{K_s}{X_s} \qquad (7')$$

$$\sigma r = \frac{pR}{s}\left[1 - 2\left(\frac{2-\mu}{2}\right) \cdot \frac{F}{F+bs} \cdot \frac{P'_{(z)}}{1+\beta}\right] \leqslant \frac{K_s}{X_s}$$

onde a função $P'_{(z)}$ difere de $P_{(z)}$ por ter os coeficientes numéricos do numerador invertidos (V. tabela já referida).

O mesmo engenheiro Viterbo propôs uma ulterior modificação da (7), observando que, segundo o critério geralmente adoptado pela Resistência de Materiais, é mais lógico impor um limite às tensões ideais (que é o mesmo que dizer às dilatações) em vez de às tensões efectivas. Assim, modificando a teoria, segundo este novo critério, obteve as relações:

$$\sigma i L = 0{,}85 \cdot \frac{pR}{s}\left[0{,}235 + \frac{F}{F+bs} \cdot \frac{L'_{(z)}}{1+\beta}\right] \leqslant \frac{K'_s}{X_s}$$

$$\sigma i r = 0{,}85 \cdot \frac{pR}{s}\left[1 - 2 \cdot \frac{F}{F+bs} \cdot \frac{P''_{(z)}}{1+\beta}\right] \leqslant \frac{K'_s}{X_s} \qquad (7'')$$

nas quais as funções de $L'_{(z)}$, $P''_{(z)}$ diferem das $L_{(z)}$, $P_{(z)}$ das (7) pelos coeficientes do numerador (V. tabela) e pelo valor de $K'_{(s)}$. Em conformidade com precisas determinações experimentais aconselha de adoptar mais prudentemente:

$$K'_s = \frac{3}{4} K_s$$

Pelo que diz respeito à expressão (3), o engenheiro Viterbo observa como se torna pouco racional impor à ossatura de resistir ainda depois do invólucro ter cedido por «festonamento» e considera, portanto, a pressão hidrostática agente sobre um intervalo de balizas repartida entre a baliza e o invólucro em relação aos diferentes cedimentos dos dois elementos resistentes. Consegue, desta maneira, chegar à relação:

$$P_r = pb\left(1 + \frac{0{,}85}{1+\beta} \frac{F}{bs}\right) \qquad (3'')$$

Também o cálculo da pressão de «festonamento» foi cuidadosamente tomado em exame e discutido e, assim, a fórmula (8) de Von Mises veio a sofrer profundas alterações por obra do Visconde Takesada Takugawa, (1931), famoso cientista naval japonês e sobretudo pelo professor Fernandez Avila (1932). Este ilustre professor afrontou o problema mais complexo do «festonamento» de um tubo compreendido entre dois fundos indeformáveis e reforçado com balizas deformáveis. Por este critério deve considerar-se o tubo e as balizas formando um único sistema solidário e resistente, enquanto que a fórmula de Von Mises supõe as balizas indeformáveis e considera o «festonamento» apenas do

tubo e só no intervalo entre balizas. Desenvolvendo esta sua teoria, o Professor Ávila obteve a seguinte fórmula na qual:

$$\frac{s^3\,\varepsilon^3\,l}{12} \quad \text{e} \quad \mathcal{J}$$

representam os momentos de inércia respectivamente da chapa de largura l e da baliza em relação à fibra neutra do seu conjunto:

$$p_i = \frac{2\,n^2\,E}{2\,(n^2-1)+\alpha_1^2}\left\{\frac{\alpha_1^4}{n^2\,(n^2+\alpha_1^2)}\cdot\frac{s}{R}+\right.$$

$$+\frac{(n^2-1)\,\mathcal{J}}{n^2+R_1^3\,l}+\frac{1}{1-\mu^2}\cdot\frac{s^3\,\varepsilon^3}{12\,R^3}\cdot$$

$$\left.\cdot\left[\frac{(n^2+\alpha_1^2)^2}{n^2}-\frac{n^2\,(2\,n^2-1)}{(n^2+\alpha_1^2)^2}\right]\right\} > \frac{X_s\,p}{\xi_i} \qquad (8')$$

onde $\alpha_1 = \frac{\pi R}{L}$, sendo L a distância entre os fundos (anteparas indeformáveis, e ξ_i um factor experimental de correcção.

As verificações experimentais têm mostrado que o valor de n que torna mínimo p_i na (8') é o mesmo que, para valores iguais de R, s e l, torna mínimo p_k na (8), o que permite adoptar a (8') em conjunto com a (10). Por outro lado, também a (8') dá valores em excesso para p_i, e portanto a estabilidade do envólucro será dado por:

$$p_i > \frac{X_s\,p}{\xi_i}$$

donde ξ_i resulta quase independente da espessura e toma um valor igual a cerca de 0,75.

2 — Algumas considerações sobre a aplicação prática das fórmulas

Uma vez que se adopte para a verificação do «festonamento» a fórmula de Von Mises, as cinco condições de estabilidade (1), (2), (7), (8) e as cinco equações (3), (4), (5), (6), (10) formam um sistema [(no qual as (7) podem ser substituídas pelas (7') ou pelas (7'') e a (3) pela (3')] com nove incógnitas: P_r, R_1 F, b, I, s, β, a, z. Portanto, se nas condições de estabilidade adoptarmos o sinal de igualdade o *sistema não admite solução*, o que equivale a dizer que não é possível conseguir-se que a pressão limite seja a mesma para todos os esforços que solicitam a estrutura.

Por outro lado, no projecto de um submarino entram em jogo outras limitações impostas por necessidades de vária natureza, por exemplo: — o intervalo entre balizas e a altura das abas das cantoneiras das mesmas balizas estão ìntimamente ligadas à possibilidade dos sistematizações internas; a interdependência entre F, b, l, é implìcitamente estabelecida pela unificação das cantoneiras segundo as normas industriais geralmente aceites, etc., etc.

Tais limitações constituem outras tantas relações que se juntam àquelas da resistência estrutural e aumentam o número das equações do sistema.

Se em vez de (8) adoptarmos a (8') do Professor Ávila, entram em jogo outras duas incógnitas a ε e a $\mathcal{J}$ e portanto, aparentemente, o sistema admitiria infinitas soluções, entre as quais deveria ser escolhida aquela que tornasse *mínimo o peso do casco resistente*; porém, na realidade, as já referidas limitações tornam geralmente impossível o problema, também neste caso.

É, pois, necessário conservar o caracter de desigualdade a uma parte das condições de estabilidade e às limitações suplementares, de tal maneira que a simples consideração da *condição de peso mínimo* torne o sistema de equações determinado e o número de incógnitas reduzido àquele essencial.

Pode-se chegar a este resultado por vários modos e seguindo critérios diversos, mas de toda a maneira, o sistema contendo funções transcendentes da incógnita Z, não pode ser resolvido por via analítica.

A resolução do sistema vem feita com auxílio de tabelas ou gráficos construídos para as várias funções de Z e, dados R, X_s, p, procede-se por tentativas na determinação das incógnitas s, l, F depois de ter resolvido (referindo-nos sempre a cascos já construídos) o problema da ossatura e estabelecido o campo de variação de l. Finalmente, entre os vários valores assim obtidos, escolher-se-á aquele que *torna mínimo o peso do casco.*

Esta maneira de proceder, por tentativas, é muitíssimo trabalhosa. Basta pensar que para cada terno de valores se devem fazer as verificações de estabilidade indicadas em a), b), c), d) e ainda procurar-se aligeirar o casco o mais possível recorrendo a diagramas ou tabelas, prè-

viamente compiladas, e que permitam reduzir o campo de investigação e o número de cálculos.

Evidentemente, este resultado pode ser obtido de várias maneiras, conforme o critério escolhido. Citamos como exemplos o método clássico desenvolvido pelo Prof. Luigi Raffo no seu livro «I Calcoli di Robustezza Transversale degli Scafi Resistenti dei Sommergibili» e ainda um dos métodos modernos mais interessantes — o proposto pelo Eng.º António Arévalo numa memória apresentada no Congresso de Engenharia Naval realizado há três anos em Nápoles e por nós estudado e defendido na nossa Tese de Laurea.

MÉTODO GRÁFICO COMPLETO PARA A DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DE MÍNIMO PESO

I — Interpretação analítica do problema

Tínhamos já visto que, se quiséssemos operar sobre equações — isto é, se tivéssemos fixado antecipadamente o coeficiente de segurança sujeito às quatro solicitações da estrutura — o problema tornar-se-ia impossível, sendo as condições mais numerosas que as incógnitas. Isto não aconteceria quando às várias condições de estabilidade se desse o carácter de desigualdade, no qual caso, porém, seria necessário recorrer aos métodos de aproximações sucessivas ou de interpolações.

A excessiva quantidade de cálculos numéricos que estes métodos exigem justifica a insatisfeita procura de artifícios que — com emprego de tabelas e gráficos preparados de uma vez para sempre — permitam determinar ràpidamente os elementos essenciais da *estrutura de mínimo peso.*

Neste trabalho desejamos exactamente ilustrar um método por nós elaborado, o qual na determinação das incógnitas s, l e F toma em consideração as limitações impostas pela distância entre balizas e pela necessidade de escolher cantoneiras entre aquelas unificadas pelas normas da indústria siderúrgica.

Neste nosso método adoptámos as fórmulas do Engenheiro Viterbo em vez daquelas de Sanden e Günther, mas nada obsta que se empreguem estas em vez daquelas. Por outro lado, renunciámos ao emprego da fórmula do Professor Fernandez Ávila, cuja complexidade torna pràticamente impossível a resolução analítica sem dar — segundo nos parece — uma vantagem efectiva em relação à simples e cómoda fórmula de Von Mises com o aspecto apresentado pelo mesmo Professor Ávila.

Os símbolos são os mesmos dos usados nos n.os 1 e 2; o significado daqueles que forem ulteriormente introduzidos será esclarecido de vez em quando; o mesmo se pode dizer para as novas funções que, para comodidade de notação, aparecerem no decurso deste estudo.

O primeiro artifício que vamos empregar consiste em eliminar o sinal de desigualdade substituindo o coeficiente de segurança de projecto X_s pelos coeficientes incógnitos:

X_s^{I} — para o «desfibramento» do invólucro
X_s^{II} — para a «fractura» da ossatura
X_s^{III} — para o «desfibramento» da ossatura
X_s^{IV} — para o «festonamento» do invólucro

sempre sujeitos — inicialmente — à única condição de não serem menores X_s.

A condição, de ordem prática, que limita entre um mínimo e um máximo prefixados o intervalo l_1 entre balizas, e o facto que a largura b da faixa de invólucro a contacto com a baliza é geralmente limitada a determinados valores fáceis de prever, aconselham a pôr em evidência o comprimento livre l em vez da espessura s do invólucro, e isto mesmo faremos, introduzindo a variável:

$$m = \frac{b}{l_1} = \frac{b}{l + b} \qquad (11)$$

ou melhor, para maior comodidade, a variável:

$$m_1 = \frac{b}{l} = \frac{m}{1 - m} \qquad (12)$$

cujo valor oscila dentro do campo determinado pelos limites fixados para l_1.

A variável m_1 não é independente da variável fundamental Z, mas nós tratá-la-emos como tal, até que no decorrer do cálculo a consigamos eliminar.

Feitas estas considerações, retomemos em exame as expressões das várias solicitações e as relativas condições de estabilidade.

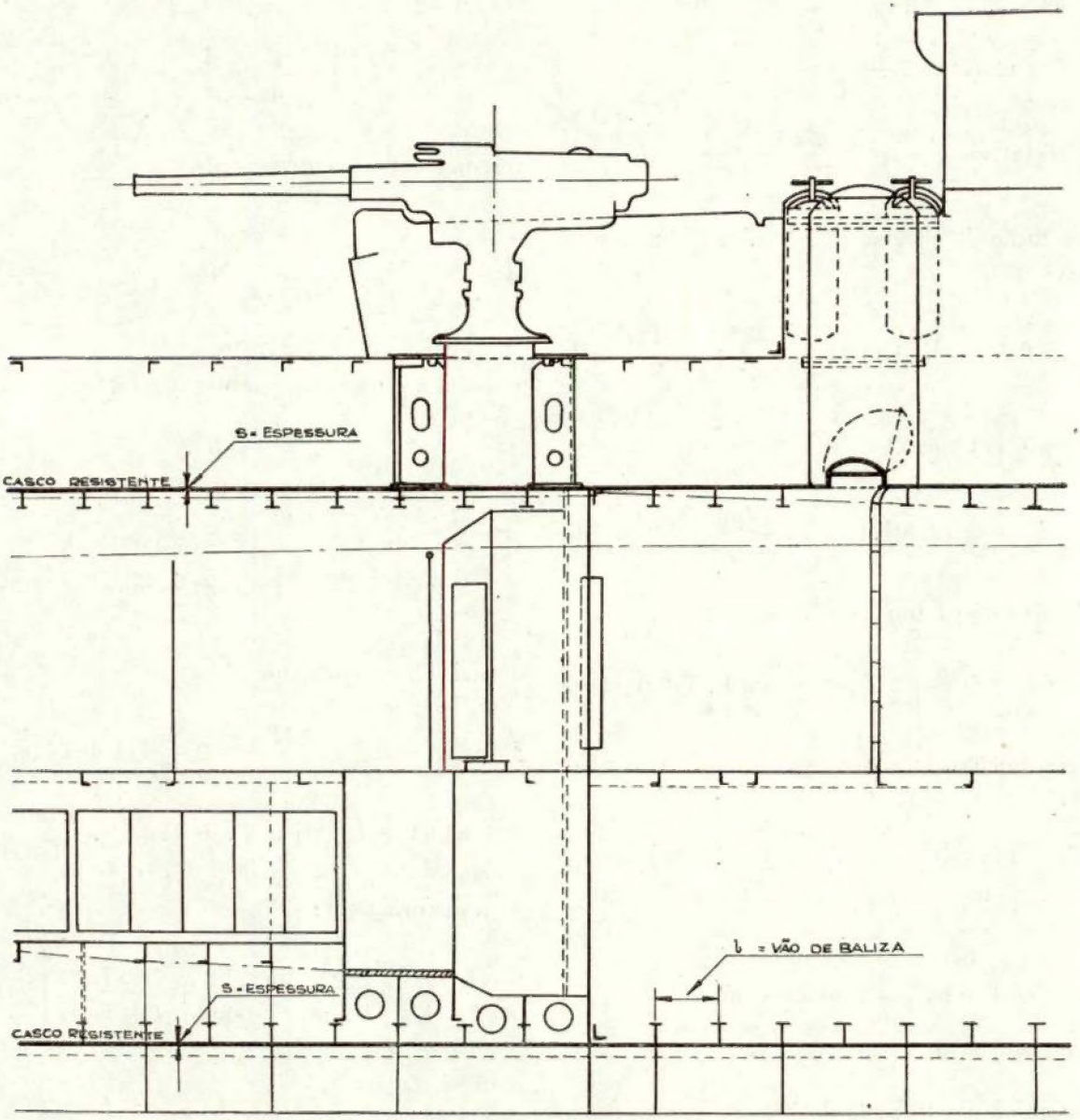


Fig. 1 — Secção do plano longitudinal dum moderno submarino

1.º — *«Desfibramento» do invólucro*

Adoptamos as fórmulas (7″) de Viterbo para as tensões ideais:

$$\sigma i_L = 0{,}85 \frac{p\,R}{s} \left[0{,}235 + \right.$$

$$\left. + \frac{F}{F + bs} \cdot \frac{L\,(z)}{1 + \beta} \right] = \frac{K'_s}{X'_s} \qquad (7'') \text{ repet.}$$

$$\sigma i_r = 0{,}85 \frac{p\,R}{s} \left[1 - 2 \frac{F}{F + bs} \cdot \right.$$

$$\left. \cdot \frac{P''\,(z)}{1 + \beta} \right] = \frac{K'_s}{X'_s}$$

onde $K'_s = \frac{3}{4} K_s$ «carga limite de elasticidade» e o segundo sinal de igualdade é justificado pela introdução do coeficiente de segurança $X^1_s > X_s$. O facto que este novo coeficiente seja o mesmo para as duas solicitações indica implìcitamente que impuzemos a condição:

$$\sigma i_L = \sigma i_r \quad \text{isto é} = \frac{\sigma i_L}{\sigma i_r} = \rho = 1 \qquad (13)$$

Recordando que:

$$\beta = 2 \cdot \frac{s}{a} \frac{N\,(z)}{F + bs}; \quad a = \frac{1{,}285}{\sqrt{R\,s}} = \frac{z}{l} \qquad (14)$$

e fazendo por comodidade:

$$C_1(z) = 1 - \frac{1{,}53\ P''_{(z)}}{L'_{(z)} + 2\ P''_{(z)}}$$

$$T_1(z) = \frac{0{,}765}{L'_{(z)} + 2\ P''_{(z)} - 0{,}765} \qquad (15)$$

a resolução do sistema (7'') conduz fàcilmente às relações:

$$\frac{s}{R} = 0{,}85 \frac{X'_s\ p}{K'_s} \cdot C_1(z) = \frac{(1{,}285)^2}{Z^2} \cdot \left(\frac{l}{R}\right)^2 \qquad (I)$$

$$\frac{F}{R^2} = \frac{s\,l}{R^2}\ f(m_1 Z) =$$

$$= (1{,}285)^2 \cdot \left(\frac{l}{R}\right) \cdot \frac{f(m_1 Z)}{Z^2} \qquad (II)$$

onde a função $f(m_1 Z)$ é dada por:

$$f(m_1 Z) = \left[2\ \frac{N_{(z)}}{Z} + m_1\right] \cdot T_1(z) \qquad (16)$$

Sem dificuldade podemos obter, agora, as relações:

$$\frac{F}{b\,s} = \frac{f(m_1 Z)}{m_1}; \qquad \frac{F}{F + bs} = \frac{f(m_1 Z)}{f(m_1 Z) + m_1}$$

$$\frac{bs}{F + bs} = \frac{m_1}{f\ m_1 Z) + m_1} \qquad (17)$$

2.º — *Solicitações da ossatura*

Adoptemos a fórmula de Viterbo para a força radial:

$$P_r = p\,b \left[1 + \frac{0{,}85}{1 + \beta} \cdot \frac{F}{bs}\right] \qquad (3') \text{ repet.}$$

Teremos então, para as condições de estabilidade:

a) *ao «desfibramento»*

pondo:

$$R_1 = \rho_1 R \qquad (18)$$

será:

$$P_r = \frac{K'_s}{X_s^{III}} \cdot \frac{F + bs}{\rho_1\ R} \qquad (19)$$

Tendo em conta as (17) e recordando que:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{z}$$

teremos consequentemente:

$$\frac{1}{1 + \beta} = \frac{F + bs}{(F + bs) + 2\ \frac{N_{(z)}}{Z}\ s\,l}; \qquad s\,l = \frac{b\,s}{m_1}$$

e assim conseguiremos obter a relação:

$$\frac{s}{R} = \frac{\rho_1\ p\ X_s^{III}}{K'_s} \cdot$$

$$\left[\frac{m_1}{f(m_1 Z) + m_1} + \frac{0{,}85\ f(m_1 Z)}{f(m_1 Z) + m_1 + \frac{2\ N_{(z)}}{Z}}\right]$$

a qual, observando que:

$$f(m_1 Z) + m_1 + \frac{2\ N_{(z)}}{Z} = 2\ \frac{N_{(z)}}{Z}\ [1 + T_1(z)] +$$

$$+ m_1\ [1 + T_1(z)] = [1 + T_1(z)] \cdot \frac{f(m_1 Z)}{T_1(z)}$$

se transforma em:

$$\frac{s}{R} = \frac{\rho_1\ p\ X_s^{III}}{K'_s} \left[\frac{m_1}{f(m_1 Z) + m_1} + \frac{0{,}85\ T_1(z)}{1 + T_1(z)}\right] \qquad (III)$$

b) *«à fractura»*:

Pela fórmula de Pöppl deverá ser:

$$P_r = \frac{3{,}3\ E\ I}{X_s^{II}\ R_1^2\ R} \qquad (20)$$

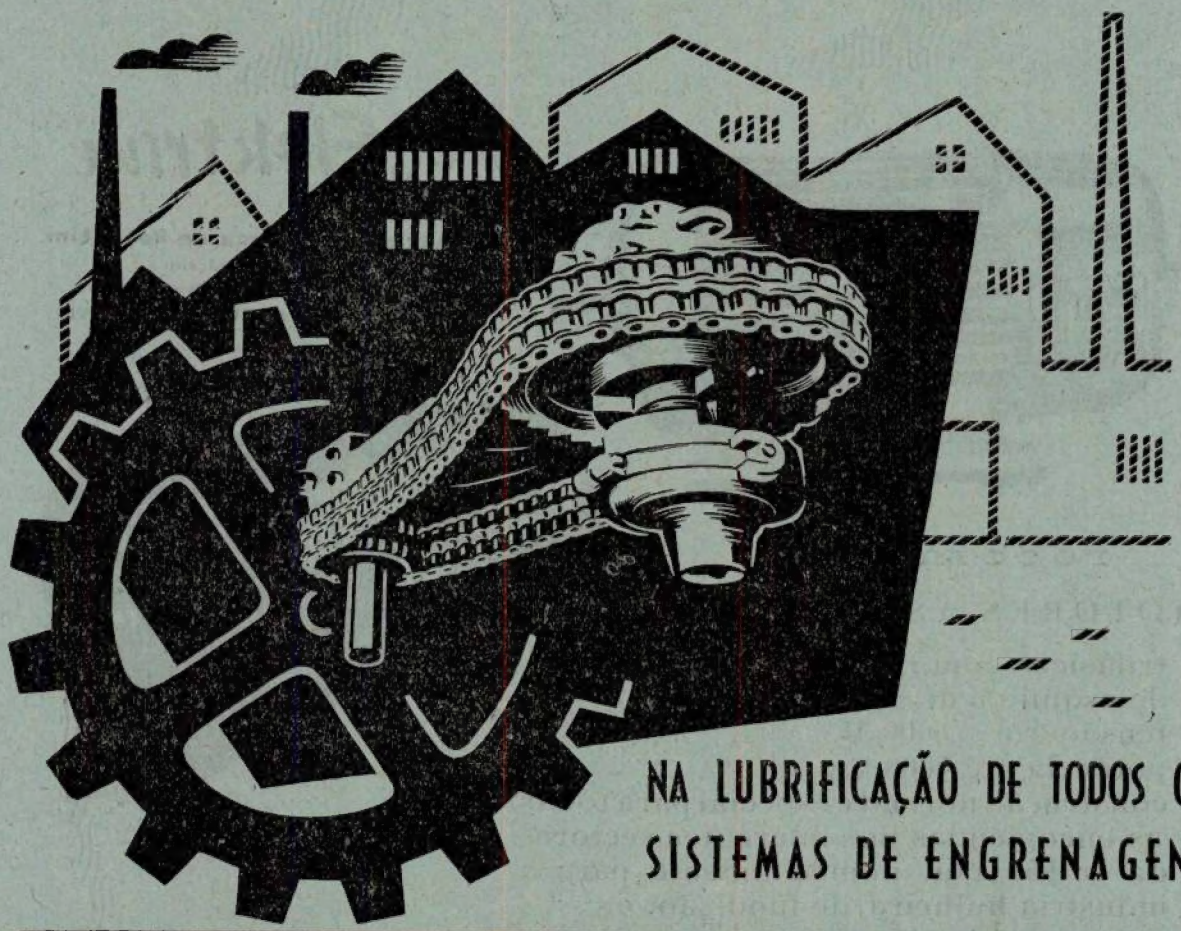
que, confrontada com a (19) dá:

$$\frac{3{,}3\ E\ I}{X_s^{II}\ \rho_1^2\ R^3} = \frac{K'_s}{X_s^{III}} \cdot \frac{F + bs}{\rho_1\ R}$$

donde:

$$I = \frac{1}{3{,}3} \cdot \frac{K_s^1}{E} \cdot \frac{X_s^{II}}{X_s^{III}}\ \rho_1\ (F + bs)\ R^2 \qquad (21)$$

COLABORANDO COM A INDÚSTRIA



NA LUBRIFICAÇÃO DE TODOS OS SISTEMAS DE ENGRENAGENS

LUBRIFICANTES

Sonap

SOCIEDADE NACIONAL DE PETRÓLEOS